



Universidad
Politécnica
de Cartagena



Universidad
Politécnica
de Cartagena

Campus
de Excelencia
Internacional

EVALUACIÓN DE LA LIXIVIACIÓN DE NITRATOS EN EL CULTIVO DE PIMIENTO DE INVERNADERO EN EL CAMPO DE CARTAGENA

Programa de Doctorado
Técnicas Avanzadas en Investigación
y Desarrollo Agrario y Alimentario



Autor:

Joaquín Navarro Sánchez

Director/es:

Dr. D. Juan Cánovas Cuenca
Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo
Agrario y Alimentario (IMIDA)

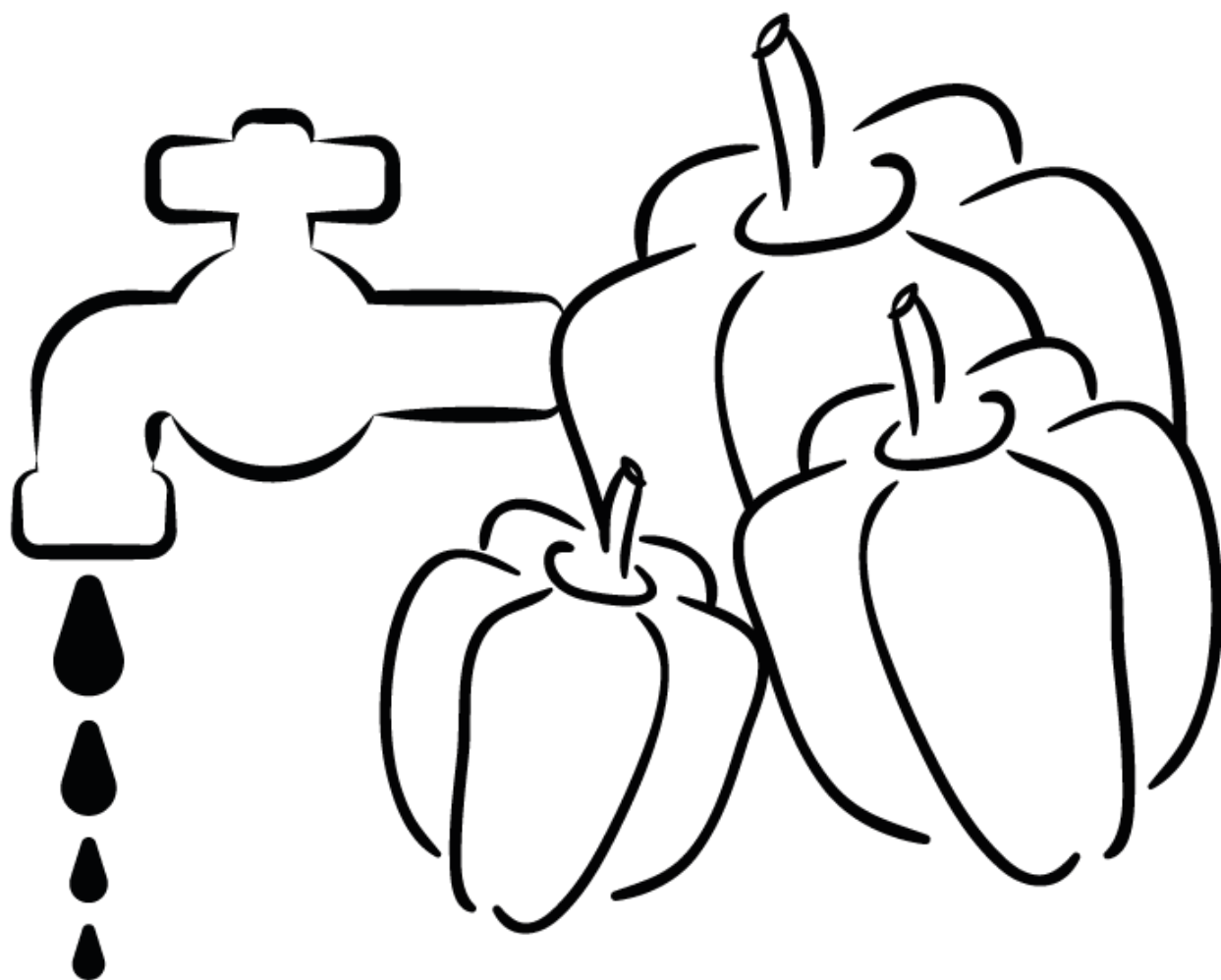
Dr. D. Francisco M. del Amor Saavedra
Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo
Agrario y Alimentario (IMIDA)

Cartagena, 2017

TESIS DOCTORAL

*EVALUACIÓN DE LA LIXIVIACIÓN DE NITRATOS
EN EL CULTIVO DE PIMIENTO DE INVERNADERO
EN EL CAMPO DE CARTAGENA*

JOAQUÍN NAVARRO SÁNCHEZ





Universidad Politécnica de Cartagena



Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica



Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo
Agrario y Alimentario



Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente



Instituto Nacional de Investigación y Tecnología
Agraria y Alimentaria

Son muchas las personas que han pasado por mi trayectoria científica, breve pero intensa, y me han ido dando pequeñas o grandes pinceladas con las que he ido construyendo esta tesis. Quisiera recordarlas a todas.

Corría el año 1995 cuando di mis primeros pasos en el mundo de la investigación colaborando en un ensayo de riego deficitario controlado en albaricoquero del CEBAS (CSIC), bajo la dirección de la doctora Dña. María del Carmen Ruíz Sánchez, de la que aprendí de primera mano cómo se desenvuelve el mundo científico.

Iniciada ya mi vida laboral, una casualidad hizo que me presentara a un concurso de méritos en el antiguo Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (C.I.D.A.), allá por el año 1998, y fuera seleccionado para el diseño de fincas experimentales bajo la dirección de D. Luis Rincón Sánchez. Al amparo de su dilatada experiencia conocí como funcionaba la administración y me animé a opositar, quedando en buena posición en la lista de espera del Cuerpo Superior Facultativo, opción Ingeniero Agrónomo. Fue entonces cuando D. Eulogio Molina, Director del Centro, me llamó de la lista de espera en febrero de 2001 para cubrir como funcionario interino una plaza vacante en el entonces llamado Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias de Torre Pacheco, con el objetivo de retomar un proyecto de investigación del I.N.I.A. Fui acogido con cariño por su Director, D. Natalio Alcaraz Alonso, y otros compañeros con experiencia en investigación y extensión agraria, como eran D. Plácido Varó Vicedo y Dña. María del Carmen Gómez Hernández, que no dudaron en poner a mi disposición todos los medios necesarios para el desarrollo de los ensayos, incluido el personal auxiliar del Centro. También tengo que agradecer los prácticos consejos de

Agradecimientos



D. Francisco E. Vicente Conesa, de la Oficina Comarcal Agraria de Torre-Pacheco.

D. Juan Cánovas Cuenca ha sido el verdadero "alma mater" del proyecto, ya que fue el quien ideó el ensayo de lixímetros de drenaje en pimiento de invernadero, anticipándose a otros estudios posteriores que habrían de intentar dar respuestas a los problemas que planteaba la Directiva de Nitratos. Junto con D. Natalio Alcaraz ejecutó en 1998 con "palos y cañas" la magnífica estructura de lixímetros bajo invernadero que ha permitido obtener tantos resultados experimentales. La originalidad de los proyectos de investigación era la construcción de ocho lixímetros de gran tamaño ($7 \times 7 \times 1 \text{ m}^3$) bajo invernadero, que trataban de reproducir las condiciones reales de un cultivo de pimiento en el Campo de Cartagena. Con el tiempo pude comprobar que había muy pocas estructuras de este tamaño que se emplearan para ensayos, y que disponíamos de un patrimonio de ocho parcelas de 50 m^2 de tierra con riego, abonado y tratamientos individualizados de las que podríamos obtener una gran cantidad de información: lixiviados, drenaje, producción para diversos tratamientos... lo que además le confería su singularidad al proyecto.

Es al Dr. D. Juan Cánovas Cuenca, exprofesor de investigación del IMIDA, codirector de esta tesis doctoral, al que más debo en la realización de la misma, por su original idea al diseñar el experimento, sin cuyos lixímetros no se podrían haber extraído las conclusiones que han hecho posible la realización de esta tesis doctoral, por los valiosos consejos que me ha dado durante estos años y su constante interés en mi formación científica, pero sobre todo por su calidad humana que me ha ayudado a afrontar todas las etapas que requiere trabajar con varios

equipos de investigación. Le doy las gracias también por su gratificante talante, su inagotable paciencia y su incondicional disposición a orientarme en cuestiones técnicas, científicas y personales, así como por su cercanía y el altruismo con que ha acompañado todas sus decisiones como investigador principal de los proyectos.

Bajo la dirección del Dr. D. Juan Cánovas Cuenca y con la experiencia de D. Natalio Alcaraz pude terminar satisfactoriamente el proyecto INIA SC 99-042, así como conseguir la financiación de dos proyectos más en nuestro ensayo de lixímetros en un cultivo de pimiento de invernadero, uno financiado por la Consejería de Educación de la Región de Murcia de 2002 a 2004 (Proyecto Regional RTA-Positivo-03-3) y otro proyecto INIA financiado de 2004 a 2007 (Proyecto INIA RTA 04-035). Los tres primeros años de ensayos (1999, 2000 y 2001) los experimentos consistieron en ensayar cuatro dosis de abonado mineral nitrogenado (0, 15, 30 y 45 g/m^2) en pimiento bajo invernadero (Proyecto INIA SC 99-042). El año 2002 se aplicó la misma dosis de abonado mineral a todas las parcelas experimentales y se estudió la distribución medioambiental de estos y de los plaguicidas (Proyecto Regional RTA-Positivo-03-3). El resto de los años (2003, 2004, 2005, 2006 y 2007) se ensayaron los tres sistemas de cultivo empleados en la Comarca del Campo de Cartagena (ecológico, integrado y convencional) y se estudiaron todos los parámetros del cultivo por medio de los diversos equipos de investigación (fondos propios del IMIDA y Proyecto INIA RTA 04-035).

Desde mayo de 2001 hasta febrero de 2008, en que fui cesado de mi puesto de Técnico Responsable de Investigación por la dirección del Centro por motivos que todavía no acierto a comprender, lo que puso fin a mi

carrera científica, tuve el placer de trabajar con algunos de los nuevos doctores que el I.M.I.D.A. contrataba para potenciar su faceta científica, participantes en los proyectos de investigación, como son Dña. Pilar Flores Fernández-Villamil, D. José Fenoll Serrano, D. Francisco M. del Amor Saavedra y D. David Martínez Vicente, con los que profundicé en facetas como la fisiología vegetal, estudios de dinámica de los plaguicidas, el balance hídrico en la planta y el suelo... a todos ellos mi agradecimiento por orientarme en cuestiones técnicas y científicas, por haber estado siempre dispuestos a colaborar y por haber mostrado un sincero interés en la línea de investigación que iniciamos. El Dr. D. Francisco M. del Amor Saavedra es además codirector de esta tesis; a él le agradezco muy especialmente su cercanía y calidez durante la realización de los ensayos y después en la redacción de la tesis, así como su valiosa, incansable y desinteresada colaboración durante todos estos años de trabajo. Gracias por su excelente labor de dirección durante todo el periodo predoctoral y por haber creado un clima de confianza que ha hecho más fácil mi etapa como doctorando.

También pude contar con la valiosa ayuda de los químicos del Laboratorio Agrario Regional y de Medio Ambiente, dependiente de la Consejería de Agricultura y Agua, que realizaron muchos de los análisis derivados de los ensayos, como D. Francisco Javier Callizo Gutiérrez (R.I.B), Dña. Elena González Lezcano y D. Javier Cuesta Juarros.

Han sido muy importantes mis contactos con la Universidad Politécnica de Cartagena, primero contando con la experiencia de D. Antonio L. Alarcón Vera, que ya había dirigido proyectos sobre lixiviación de nitratos y que aporta los datos de aniones y cationes lixiviados durante el año 1999, y posteriormente con el grupo de Posrecolección y

Refrigeración, que participó en uno de los proyectos I.N.I.A. durante los años 2003, 2004 y 2005, y que concluyó con la elaboración de la tesis doctoral de D. Andrés Conesa Bueno. Estoy especialmente agradecido al profesor Dr. D. Francisco Artés Hernández que, conocedor del desarrollo de los ensayos, me animó a presentar esta tesis, así como al Dr. D. Pablo Bielza Lino, tutor de la misma, por el estímulo prestado durante su realización, sus acertados consejos y su labor de revisión.

No puedo olvidar a los alumnos de proyectos fin de carrera y becarios que me han acompañado durante estos años en los tediosos trabajos de laboratorio y de campo, haciendo el día a día de mi actividad investigadora más fácil. Mi sincero agradecimiento a María Mercedes Cánovas Sánchez, Mari Carmen García Carrasco, Inmaculada Castellar, Jaime Javier Abellán Lozoya, que con una gran capacidad de síntesis hizo su proyecto fin de carrera de ingeniero agrónomo recopilando datos de 5 anualidades y especialmente al que yo llamo cariñosamente "mi becario favorito", Luis Gómez Redondo.

Al final de mi etapa investigadora pude contar con la colaboración de las Dra. Dña. Carmen Pérez Sirvent, de la Universidad de Murcia, con la que tuve la satisfacción de iniciar un proyecto de investigación sobre el empleo de residuos de construcción y demolición en suelos contaminados con metales pesados, que no pude terminar al acabarse mi carrera científica. Puso a mi disposición su dilatada experiencia, me invitó a colaborar en algunos de sus proyectos de investigación, y siempre me ha ofrecido su apoyo. Especialmente Dña. Lucía Belén Martínez me ha ayudado hasta el último momento en las estadísticas y conclusiones finales, mostrando un gran interés y preocupación, de lo que estoy verdaderamente agradecido. A ellas les debo el impulso final para terminar la tesis.



No puedo dejar de mencionar las revistas de temas agrarios y de amplia difusión al agricultor que han aceptado mis publicaciones, dándome así la oportunidad de dar a conocer mis resultados al sector, como son Agrícola Vergel, Ediciones de Horticultura, Agricultura o la revista de la Federación de Cooperativas Agrarias de Murcia (FECOAM Informa). Es de destacar también la colaboración prestada por el Servicio de Formación y Transferencia Tecnológica de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia, que ha publicado dos Hojas Divulgadoras con los resultados de los ensayos, así como la labor desarrollada por los Seminarios de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Mencionar también el interés mostrado por Cooperativas y SAT regionales en las que el pimiento es uno de los principales productos, como son: Agrimesa, Centramirsa, San Cayetano, Gregal, Agrodolores, Hortopacheco, GS España... y la Feria Agrícola de la Villa (IFEPA).

Mi agradecimiento institucional a mi centro de trabajo, el Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA) del que fui primero contratado, posteriormente funcionario interino y finalmente funcionario adscrito; aunque sus directivos tomaron la decisión de suprimir mi plaza en enero de 2008 y truncaron de esta manera mis varios años de esfuerzos en el mundo de la investigación y mi carrera científica, importándoles poco o nada mis ensayos así como mi dedicación y esfuerzo y dejándome con tres proyectos inacabados: un proyecto INIA sobre lixiviación de nitratos en un cultivo de melón, un proyecto del Ministerio de Medio Ambiente sobre recuperación de suelos contaminados por metales pesados de la bahía de Pormant por medio de residuos de construcción y demolición en colaboración con la Universidad de Murcia y un proyecto de la Consejería de Educación de Murcia sobre el empleo de aguas desaladas en céspedes.

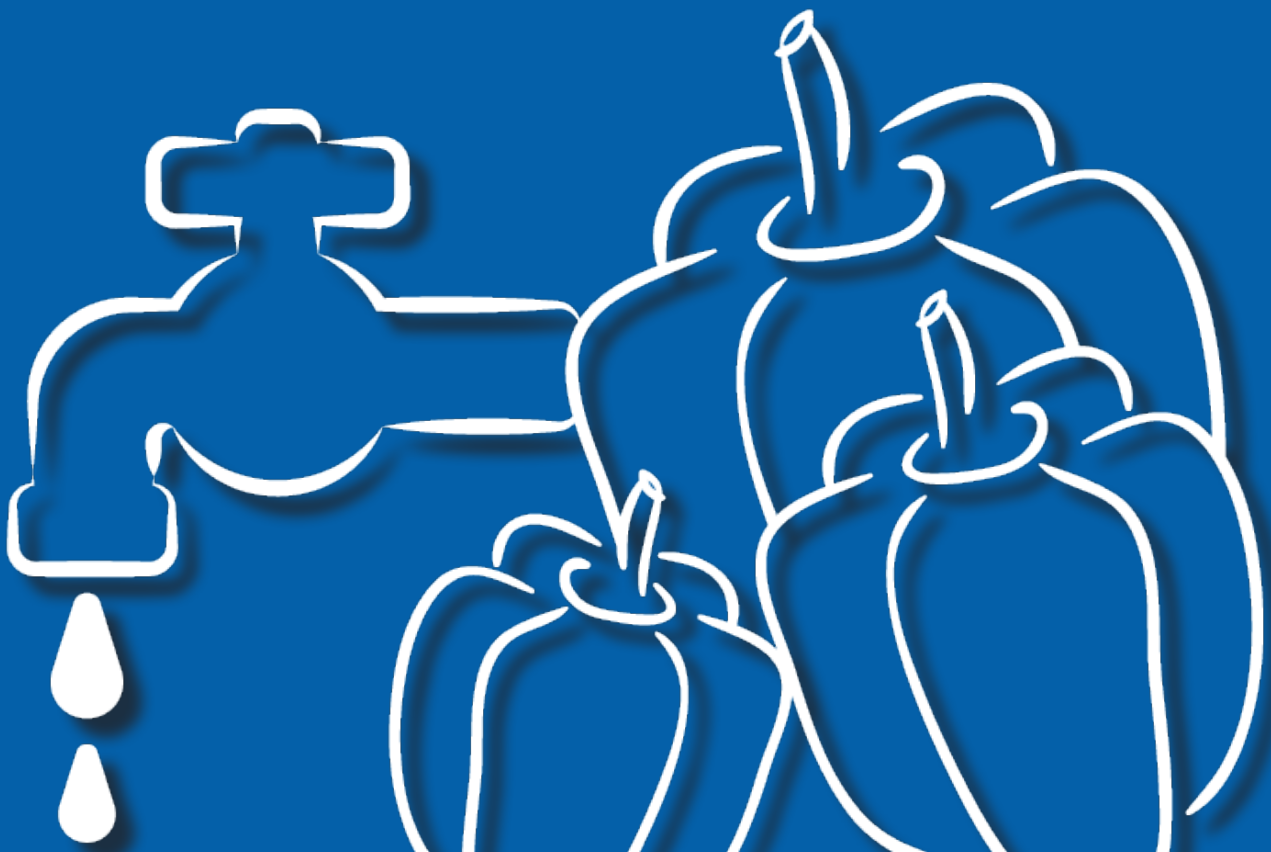
Mi sincero agradecimiento al Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias de Torre-Pacheco (CIEA) donde he desarrollado todos los ensayos de campo y he estado ubicado estos 7 años y al Laboratorio Agrario y de Medio Ambiente, ambos dependientes de la antigua Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia; al Grupo de Postrecolección y Refrigeración del Departamento de Ingeniería de los Alimentos de la Universidad Politécnica de Cartagena (U.P.C.) y por su financiación para la realización de los ensayos al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (I.N.I.A), al Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (I.M.I.D.A) y a la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente de Murcia. Agradezco también su colaboración en el asesoramiento técnico para la lucha biológica a las empresas Koppert y Syngenta.

Con independencia del resultado de la tesis y de la importancia de los datos obtenidos, mi mayor satisfacción es haber colaborado durante todos estos años con una veintena de personas, satisfacción porque se han podido aunar esfuerzos de varios profesionales (ingenieros agrónomos, biólogos, químicos, ingenieros técnicos agrícolas) en torno a un proyecto de investigación común, en el que se han estudiado múltiples aspectos en lixímetros de drenaje en pimiento de invernadero de los que esta tesis es solo una parte y satisfacción por los múltiples recuerdos personales que forman parte de mi vivencia personal.

Joaquín Navarro Sánchez

Resumen de la tesis

"EVALUACIÓN DE LA LIXIVIACIÓN DE NITRATOS
EN EL CULTIVO DE PIMIENTO DE INVERNADERO
EN EL CAMPO DE CARTAGENA"



JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS Y OBJETIVOS

La incorporación de fertilizantes a la agricultura ha sido uno de los factores principales del incremento de las producciones agrícolas, pero actualmente el exceso de fertilización química es el principal causante de la contaminación de los acuíferos y aguas subterráneas, debido a que los nitratos no son apenas retenidos por el suelo y están sometidos a fuertes procesos de lixiviación, dando como consecuencia el paso de los mismos a acuíferos subterráneos, con la consiguiente contaminación y riesgo para la salud humana. Por ello el manejo eficiente del N en los sistemas agrícolas representa un desafío para mantener el ritmo de crecimiento de la productividad asegurando la sostenibilidad del medio ambiente.

La contaminación de las aguas por nitratos es un fenómeno cada vez más acusado, que se manifiesta en un aumento de su concentración en las aguas superficiales y subterráneas, así como en la eutrofización de los embalses, estuarios y aguas litorales. Con el fin de solucionar este problema y ante la creciente preocupación por el medioambiente, se publicó la Directiva 91/676/CEE, de 12 de diciembre, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos de origen agrario. Su fin es establecer las medidas necesarias para prevenir y siempre que sea posible, aminorar o eliminar la contaminación de las aguas subterráneas, evitando el uso inadecuado de abonos nitrogenados, ya sea por excesos en las cantidades aportadas o por épocas inadecuadas de aplicación.

La Directiva considera que la causa principal de la contaminación originada por fuentes difusas que afecta a las aguas de la Comunidad son los nitratos procedentes de fuentes agrarias y que es necesario, en consecuencia, reducirla. Asimismo consideran que es importante tomar medidas relativas a la aplicación a las tierras de todos los compuestos nitrogenados, que mediante el fomento de prácticas agrarias correctas los Estados miembros pueden proporcionar a todas las aguas un nivel general de protección contra la contaminación futura y que hay zonas que vierten en aguas vulnerables a la contaminación que requieren una protección especial.

En dicha Directiva se impone a los Estados Miembros una serie de obligaciones, entre las que se incluyen la aplicación de programas de acción para reducir la contaminación de las aguas producida por compuestos nitrogenados en las zonas vulnerables, así como incluir medidas que limiten la aplicación a las tierras de todos los fertilizantes que contienen nitrógeno, aspecto este en el que se encuadran los ensayos de nuestra tesis.

En esta línea, uno de los puntos críticos del Plan Estratégico de Desarrollo de la Región de Murcia (2007-2013) contempla minimizar los vertidos de nutrientes y fitosanitarios aportados a la Laguna del Mar Menor por la agricultura que se desarrolla en su cuenca vertiente. Otras líneas estratégicas de dicho Plan potencian vías de investigación que contemplen prioritariamente los principales problemas medioambientales de la Región, entre los que incluye el incremento del programa de vigilancia y control de vertidos de fertilizantes hacia el medio, así como la información a los agricultores.

Por otro lado, el aumento de la superficie de regadío en la Comarca del Campo de Cartagena, que ha pasado desde las 10.000 ha en los años 80 hasta las 42.000 en la actualidad, ha generado un notable aumento de la entrada de nitrógeno y fósforo de origen agrícola al Mar Menor en las últimas décadas. El auge de las desaladoras, que vierten salmueras ricas en estos nutrientes, por el problema de fondo de escasez crónica de recursos hídricos en la zona, no ha hecho más que agravar el problema.

Todo ello justifica, la necesidad de optimizar las dosis de fertilizantes y fitosanitarios en la Comarca del Campo de Cartagena para minimizar el impacto medioambiental, evitando daños socio-económicos y manteniendo la productividad de los cultivos, lo que constituye la base para del planteamiento de nuestros ensayos.

Para este estudio se ha elegido el pimiento de invernadero, por ser un cultivo que constituyó un ejemplo típico de las nuevas orientaciones productivas de la agricultura comercial de la Región de

Murcia y el sur de la Provincia de Alicante, muy tecnificado y con un carácter eminentemente social. Llegó a ocupar más de 2.500 ha de superficie y a partir del año 2006, comenzó a descender hasta llegar a un mínimo regional de 1.224 ha en 2012. Es un cultivo en el que, a nivel comercial, están establecidos los tres sistemas de cultivo estudiados en esta tesis: cultivo ecológico, cultivo integrado y cultivo convencional, es de gran interés en la Región de Murcia y el que más extensión ocupa en los invernaderos del Campo de Cartagena, donde se desarrollan los ensayos.

Con estas experiencias queríamos demostrar en el cultivo de pimiento de invernadero del Campo de Cartagena la hipótesis de que una sobredosificación de fertilizantes nitrogenados no siempre contribuye al aumento de la producción, pero sí incrementa el riesgo de contaminación de tipo difuso de las aguas subterráneas por lixiviación (Pratt, 1984), así como cuantificar esta lixiviación en función de distintas dosis de abonado y evaluar las prácticas agrícolas que permiten reducir las pérdidas de nitratos hacia los acuíferos en este cultivo.

Esta tesis, por lo tanto, pretende ensanchar el conocimiento científico-técnico sobre la lixiviación de nitratos en el cultivo de pimiento en invernadero mediante la sistematización y el análisis de los resultados de tres proyectos de investigación: Proyecto I.N.I.A. SC-99-042, Proyecto Regional RTA-Positivo-03-3 y Proyecto I.N.I.A. RTA-04-035. La amplitud del periodo de estudio que abarcamos para este mismo cultivo (1999-2007), el original diseño experimental de grandes lixímetros de drenaje bajo invernadero y la multiplicidad de equipos que han participado (de la Consejería de Agricultura, del IMIDA, de la UPCT, del CIFEA, del LAYMA, de SYNGENTA, de KOPPERT) nos han permitido tener una visión global de todos los aspectos importantes en torno a la idea de sostenibilidad del cultivo y datos sobre riego y lixiviados de 8 años, lo que constituye la base de la tesis.

Nuestro interés se centra, por lo tanto, en conocer la influencia que diferentes dosis de abonado mineral nitrogenado (de 0 a 45 gN/m²) y diferentes prácticas agrícolas (cultivo ecológico, cultivo integrado y cultivo convencional), tienen en la lixiviación de nitratos, así como sus efectos en la producción, con la idea de establecer una base real del impacto del cultivo de pimiento bajo invernadero en esta zona y desarrollar técnicas que minimicen los riesgos de contaminación por el exceso de abonado nitrogenado, con los consiguientes beneficios medioambientales, económicos y sociales.

ESTRUCTURA EXPERIMENTAL Y ENSAYOS

Para el desarrollo de los ensayos se acondicionó un invernadero situado en el Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias de Torre-Pacheco (Murcia), tipo multicapilla, de dos cuerpos, con cobertura de polietileno y ventilación lateral y cenital, de dimensiones externas 12 x 36 m. Se dividió en dos bloques paralelos, separados por un foso central de recogida de lixiviados, construyendo en cada uno de los bloques cuatro lixímetros, que corresponden a las parcelas elementales de los ensayos.

El conjunto de ocho lixímetros bajo invernadero es la estructura fundamental del proyecto, tienen forma prismática, de sección cuadrangular cuya base superior, horizontal mide 7,80 m de largo por 6,65 m de ancho y cuya profundidad varía entre 0,7 m en la parte del lateral del invernadero y 0,8 m junto a la zanja central, lo que asegura inclinación suficiente para que puedan verter los flujos lixiviados a través de válvulas situadas en el fondo de los lixímetros. Están completamente impermeabilizados, la solera es de hormigón con paredes laterales de mampostería enlucidos con mortero de cemento y recubiertas mediante un film plástico con pendiente hacia los colectores principales, situados en el foso central del invernadero.

Los lixímetros se llenaron en 1998 con una primera capa de arena y posteriormente con el propio suelo excavado de cultivo procurando ordenar los horizontes conforme a la distribución existente al momento de la excavación, tras lo cual se han llevado a cabo ocho cultivos de pimiento desde el año 1999 y hasta la finalización de los ensayos de la tesis en 2007. Este tipo de suelo (franco-arcilloso, profundo y bien drenado) es el más adecuado para el cultivo de pimiento bajo invernadero y además el más común en los invernaderos de la Comarca, lo que da mayor generalidad a los ensayos.

El diseño experimental durante las ocho campañas de cultivo consistió en cuatro ensayos diferentes. Durante los años 1999, 2000 y 2001 se aplicaron los siguientes tratamientos de abonado

mineral nitrogenado: 0 g/m² (T-1); 15 g/m² (T-2); 30 g/m² (T-3), y 45 g/m² (T-4). Durante el año 2002 se aplicó el mismo abonado a todas las parcelas, con una dosis de abonado mineral nitrogenado considerada óptima según los cálculos del Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia (C.B.P.A.) de 13 gN/m² y se realizó un ensayo con el plaguicida Buprofezín. Durante los años 2003, 2004 y 2005 los tratamientos consistieron en ensayar los tres tipos de cultivo existentes en la Comarca: ecológico (0 g/m² de nitrógeno mineral), integrado (~15 gN/m²) y convencional (~30 gN/m²). El año 2006 el ensayo consistió en realizar solo los dos tipos de cultivo con mejores resultados agroambientales: el ecológico (0 g/m² de nitrógeno mineral) y el integrado (~15 gN/m²), ya que el cultivo convencional dio niveles más altos de lixiviación de nitratos.

Para el control del movimiento de los nitratos, en cada parcela, se dispuso de sondas de succión instaladas a 25 y 50 cm y de una salida de drenaje a 100 cm de profundidad. Se determinaron las concentraciones de nitratos en los lixiviados analizando cada una de las muestras con el espectrofotómetro y la cantidad de nitratos lixiviados como resultado del volumen lixiviado por la concentración, tomando en torno a una docena de muestras en cada anualidad.

Los ensayos de campo que sirven de base para la tesis abarcan un total de 8 campañas de cultivos, desde la plantación de diciembre de 1999 (campaña 1999- 2000) hasta la recolección de julio de 2007 (campaña 2006-2007), habiéndose elegido las siguientes variedades: tipo "Lamuyo", cultivar 'Herminio' los años 1999, 2000 y 2001; tipo "California", cultivar 'Ribera' el año 2002; tipo "California", cultivar 'Requena' el año 2003; tipo "California", cultivar 'Cabezo' el año 2004; tipo "California", cultivar 'Quito' el año 2005 y tipo "Lamuyo", cultivar 'Almudén' el año 2006.

Se aplicó la técnica del riego localizado, por ser la habitual en este cultivo y por ser la que menos pérdidas por lixiviación de agua y fertilizantes presenta. Para el cálculo del riego, que era igual en todos los tratamientos, nos basamos en la teoría de Penman (1948) y seguimos las directrices de la FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977), tomando lecturas diarias de la evaporación de cubeta tipo A y haciendo una programación semanal del riego calculando las necesidades totales como $N_t \times 7 \text{ días} = \text{l/semana}$, en base a las lecturas de evaporación de la semana anterior.

La frecuencia de los riegos se determinó mediante el uso de tensiómetros, disponiendo en al menos dos lixímetros de una batería de 3 tensiómetros, a 15, 30 y 60 cm de profundidad. Para el mejor control de los riegos se dispuso de sondas de succión en cada lixímetro a las profundidades de 25 y 50 cm en las que periódicamente se recogía la solución en las mismas para ver su conductividad, de manera que una conductividad de sales superior a 5 dS/m era indicativa de déficit de riego y un valor inferior a 2,5 dS/m indicaba exceso de riego.

Respecto al abonado orgánico, en los años 1999, 2000, 2001 y 2002 se aplicaron aproximadamente 1,5 kg/m² de estiércol y en los años 2004, 2005, 2006 y 2007, debido a que el terreno se desinfectó por solarización (biofumigación), se aplicaron dosis de 4 kg/m².

En cada anualidad se tomaban dos muestras de suelo por lixímetro a tres profundidades (de 0 a 20 cm, de 20 a 40 cm y de 40 a 60 cm) para determinar, como mínimo, los parámetros de textura, nitratos, materia orgánica, CIC, PH y densidad aparente.

RESULTADOS PARCIALES DE LIXIVIACIÓN DE NITRATOS 1999-2004

El riego en el año 1999 se programó tomando los datos de la cubeta evaporimétrica tipo A del exterior del invernadero, habiendo comprobado como el efecto debido a la acción de evaporación del viento sobredimensiona la evaporación real en el interior del invernadero y por ello el riego, y por lo tanto el lixiviado, fueron mayores esa anualidad (campaña 1999-2000). Para el resto de anualidades se programó el riego igualmente por el método de la FAO, pero tomando los datos de una cubeta tipo A situada en el interior del invernadero.

Durante los ensayos, desde el año de plantación 1999 hasta el 2004, se aplicaron a lo largo de todo el cultivo, desde la plantación a la recolección (7 meses), una media de 58,26 m³ de agua por m²

(5.826 m³/ha). La producción de pimienta no aumentó cuando por razones de la climatología se aplicó más cantidad de agua, por ejemplo en una anualidad solo se necesitaron 57,032 litros de agua para producir 1 kg de pimienta y en otra, en cambio, se necesitaron 71,786 litros de agua.

El estudio de los nitratos lixiviados los tres primeros años de ensayos (tratamientos con 0, 15, 30 y 45 gN/m²) pone de manifiesto que los sistemas estudiados vierten al exterior cantidades considerables de este elemento, que varían entre el 10,943% y el 12,124% del nitrógeno mineral aportado, yendo desde los 7,169 g/m² de pérdidas para el T-1 a los 25,863 g/m² de media del T-4. Es reseñable ver cómo incluso el tratamiento sin abonado nitrogenado daba lixiviado de nitratos en el drenaje, lo que permite considerar al suelo cultivado como un suministrador de nitrato hacia el exterior, cuyo suministro depende de la aportación de abonado orgánico y riqueza en N del suelo y del volumen de agua lixiviado.

Se obtiene a lo largo del ciclo de cultivo una clara disminución de la concentración de nitratos en los lixiviados del cultivo ecológico y algo menor en el integrado, como consecuencia de las extracciones producidas por el propio cultivo, que esquilman el suelo de este elemento. El cultivo convencional, en cambio, no presenta una disminución tan acusada, debido a que los aportes de nitratos eran superiores a lo consumido. Se observa también como es en las primeras etapas del cultivo cuando más nitratos percolan, disminuyendo conforme el cultivo crece y demanda más nitrógeno. Como consecuencia, la concentración acumulada de nitratos ha resultado muy superior en el cultivo convencional (llegando a 350 ppm) que en el integrado (llegando a 220 ppm) y en este muy superior al cultivo ecológico, donde apenas si alcanza las 150 ppm.

Los datos de cantidad de nitratos lixiviados acumulada en g/ha, son mucho mayores en el cultivo convencional (donde llega a 300 kg/ha de nitratos lixiviados) que en el integrado (220 kg/ha) y el ecológico, donde ronda los 170 kg/ha. Esto indica que hay una sobrefertilización muy clara en el cultivo convencional de este elemento (con 45 g N mineral/m² y 4 kg/m² de estiércol) y unas pérdidas considerables en el cultivo ecológico e integrado que es necesario cuantificar a la luz de los datos aportados por todas las experiencias.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE ISÓTOPOS 2003-2006

Durante las campañas de producción 2003-2004, 2004-2005 y 2005-2006 se recogieron frutos procedentes de los tratamientos de producción ecológica, integrada y convencional con el fin de validar una metodología para poder diferenciar, en fruto, la utilización de abonos nitrogenados según su procedencia (de síntesis química o procedente de estiércoles).

Los análisis realizados en los frutos procedentes de las tres campañas de producción nos muestran diferencias significativas según el sistema de producción empleado, el cual estaba directamente asociado a la aplicación o no de fertilizantes de síntesis (agricultura ecológica) y a la dosis de los mismos (producción convencional frente integrada). Así, considerando de manera conjunta todos los años de estudio, el tratamiento convencional presentó valores medios de $\delta^{15}\text{N}$ de 4,9 frente a 8,7 del tratamiento integrado y de 13,6 para el tratamiento ecológico, existiendo diferencias significativas entre todos los tratamientos estudiados. Los resultados obtenidos validan por tanto esta metodología para detectar la adición fraudulenta de abonos nitrogenados de síntesis en cultivos considerados ecológicos.

Junto con el estudio de discriminación isotópica se analizó la concentración en nitrógeno total de los frutos de pimienta. Las diferencias encontradas en fruto, considerando el promedio de todos los años, muestran que el tratamiento convencional presentó diferencias significativas con respecto al integrado y ecológico. Así, el tratamiento ecológico presentó una disminución media del 16,6% en la concentración de N-total, en comparación con el tratamiento convencional.

RESULTADOS PARCIALES DE LIXIVIACIÓN DE NITRATOS 2005-2007

La dosis media de riego aplicada al cultivo en la campaña 2005-2006 es de 755,17 l/m², o lo que es lo mismo, 7.551,7 m³/ha. Este valor está dentro de los habituales de riego en la zona de estudio, que oscilan entre 6.000 y 9.000 m³/ha. El volumen medio acumulado de lixiviados del T-C es de 113,3 l/m², el del T-I de 132,4 l/m², y el del T-E de 156,0 l/m².

Estas diferencias en la lixiviación de agua de riego podrían ser debidas a la diferencia de abonado nitrogenado aplicado a los distintos tratamientos, que produjo una mayor producción de masa vegetal cuanto mayor fue el nitrógeno aplicado. De este modo, el T-C experimentó un mayor crecimiento vegetativo que el T-I y éste mayor que el T-E, y cuanto mayor era la superficie foliar del cultivo, mayor transpiración se producía y, por tanto, menor era el porcentaje de agua de riego que podía infiltrarse a capas más profundas del suelo.

La evolución media de la CE (dS/m) de las muestras tomadas a lo largo del cultivo da unos valores de 2,94 dS/m en el T-E, 3,43 dS/m en el T-I, y 3,47 dS/m en el T-C. Se produjeron unos porcentajes de N lixiviado del 14,62% en el tratamiento ecológico, el 17,14% en el integrado y del 21,74% en el convencional, siendo la evolución de la lixiviación de nitratos la que, a priori, parecía más lógica.

Al principio los tres métodos de cultivo empezaron lixiviando una cantidad similar de nitratos (70 días después del trasplante, ddt), como consecuencia de haber aplicado a los tres tratamientos la misma cantidad de abono de fondo a base de estiércol. Entre los 70 y 92 ddt se produce una importante cantidad de lixiviación de nitratos, empezando en ese momento a observarse diferencias apreciables entre los tres tratamientos, alcanzando T-E y T-I valores cercanos a los 90 kg/ha, y T-C casi 150 kg/ha. A partir de los 92 ddt y hasta el final del cultivo el T-E tan sólo lixivia una pequeña cantidad de nitratos, prácticamente estabilizándose su contenido acumulado en las proximidades de los 100 kg/ha. La fertilización mineral aplicada a los tratamientos T-C y T-I hace que éstos sigan aumentando la cantidad de nitratos encontrados en los lixiviados profundos hasta valores muy superiores a los obtenidos en el T-E, especialmente en el caso del T-C. Durante la campaña 2006-2007, con solo dos tratamientos ensayados, el T-I termina con un valor acumulado de nitratos próximo a los 150 kg/ha, y el T-E con un valor cercano a los 73 kg/ha.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE SONDAS DE SUCCIÓN 2003-2007

En lo que respecta a las sondas de succión, instaladas a 25 y 50 centímetros de profundidad, estas han permitido obtener muestras periódicas de agua del suelo sobre las que determinar el contenido de nitratos, conductividad eléctrica y pH.

El valor medio de cantidad de nitratos de las sondas de 25 cm de profundidad del T-E (3,28 ppm NO₃⁻) es estadísticamente diferente de los tratamientos T-I y T-C (28,85 y 42,88 ppm NO₃⁻ respectivamente). Esto responde al hecho de que al T-E no se le aplicó ningún abonado mineral nitrogenado y por tanto el contenido en nitratos era menor en la parte más superficial del suelo.

Los valores medios obtenidos en las sondas instaladas a 50 cm de profundidad indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre el T-C (310,52 ppm NO₃⁻) y los otros dos tratamientos (65,34 y 80,07 ppm NO₃⁻, en T-E y T-I respectivamente). En este caso esta diferencia se debe a una acumulación de nitratos en profundidad en el T-C debido a un mayor aporte de abonado mineral nitrogenado.

En cuanto a la conductividad eléctrica medida en las muestras de las sondas, hay diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento T-E y los tratamientos T-I y T-C, siendo estos últimos un grupo homogéneo. Esto ocurría tanto en las muestras de las sondas de 25 cm como en las de 50 cm. Los valores del T-E estuvieron la mayor parte del tiempo por debajo de los del T-I y T-C.

Asimismo, en la campaña 2006-2007 tanto el contenido en nitratos del T-I como la conductividad fueron mayores que en el T-E, tanto en las muestras de las sondas de 25 cm como en las de 50 cm de profundidad, aunque esa diferencia no es estadísticamente significativa.

RESULTADOS GLOBALES DE LIXIVIACIÓN Y PRODUCCIÓN 1999-2007

Se ha realizado el análisis de la varianza (ANOVA) de la lixiviación de nitratos (kg/ha de nitrato lixiviado) para cada uno de los tratamientos ensayados y para el conjunto de todas las anualidades, lo que constituye el estudio estadístico que nos permite analizar los resultados de esta tesis y poder obtener conclusiones válidas al respecto. ANOVA nos ofrece como valor mínimo y máximo obtenido en una unidad experimental o lixímetro, 10,20 y 398,43 kg/ha de nitrato lixiviado, respectivamente y una media de la muestra, con $N = 56$, de 145,55 kg nitrato/ha y también nos señala que con un nivel de confianza del 95%, está comprendida la media de la población entre 120,26 y 170,84 kg nitratos/ha lixiviados.

El resultado del estadístico F de Fisher-Snedecor, concluye que las poblaciones definidas por la variable “nitrato aportado” no dan la misma lixiviación de N según el tratamiento aplicado. Para averiguar qué medias en concreto difieren de qué otras, hemos aplicado el test de la diferencia honestamente significativa de Tukey (1953) HSD y concluimos que todos los promedios comparados difieren significativamente: T-4 (45 gN/m²) y T-C (cultivo convencional) difieren significativamente de T-1 (0 gN/m²), T-2 (15 gN/m²), T-I (cultivo integrado) y T-E (cultivo ecológico). La tabla de subgrupos homogéneos del procedimiento ANOVA incluye en el subconjunto 1 tres tratamientos (T-1, T-2 y T-E) cuyas medias difieren significativamente de las otras, en el subconjunto 2 dos tratamientos (T-I y T-3) que difieren de los tres anteriores y en el subconjunto 3 otros dos tratamientos (T-C y T-4) que difieren a su vez de los dos anteriores. Como se esperaba, se verifica la hipótesis de que la lixiviación de nitratos fue proporcional a la cantidad de N mineral aportado.

Por otro lado, la media de producción comercializable para los 8 años de ensayos, es de 78 938,40 kg/ha, con un mínimo de 34 730 y un máximo de 121 900 kg/ha; la media de producción de destrío 7 803,30 kg/ha, con un mínimo de 620 y un máximo de 38 230 kg/ha; y la de producción total 86 623,30 hg/ha, con un mínimo de 38 930 y un máximo de 139 550 kg/ha, valores estos que se encuentran entre los habituales de la Comarca.

Vistos los datos del estadístico F, decidimos rechazar la hipótesis de igualdad de medias y concluimos que las poblaciones definidas por la variable N aportado no dan la misma producción. Como no sabemos si eso se produce en alguno de los ensayos de una manera puntual o en todos ellos de manera generalizada, como ocurría con la lixiviación de N, para ver en qué difieren se realiza la prueba post hoc o de comparaciones múltiples, de la que se obtienen del programa SPSS los subconjuntos homogéneos.

Así, respecto a la producción comercializable, que es la que interesa a efectos de rentabilidad del cultivo, se observan tres grupos de tratamientos. En primer lugar estaría el tratamiento convencional, con los valores de producción más bajos (menos de 60 000 kg/ha de producción comercializable) y muy cercanos al T-4. En segundo lugar, los tratamientos que tienen una producción entre 60 000 y 90 000 kg/ha de producción comercializable, que son por orden creciente de producción el T-4 (45 gN/m²), el T-3 (30 gN/m²), el T-1 (0 gN/m²) y el T-2 (15 gN/m²) y a cierta distancia de ellos el T-I o cultivo integrado, con unos 15 gN/m² y los tratamientos del ensayo de plaguicidas (Buprofezín), con 13 gN/m². El tercer subconjunto homogéneo lo constituye el T-E, con una producción comercializable mayor de 100 000 kg/ha, que es el que mejores resultados de producción ha dado y sin aplicación de abono mineral nitrogenado alguno.

Podemos concluir, por lo tanto, que no hay variaciones significativas de la producción comercializable para las dosis de abonado mineral nitrogenado aplicadas, salvo el caso del cultivo convencional y el ecológico, con un nivel de significación bajo y con una producción comercializable mayor en el T-E que en el T-C. Se observa cómo la producción es inversamente proporcional a la cantidad de N aportado, dentro del hecho de que muchos de los tratamientos no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Dado que el objetivo de nuestra tesis es conocer con qué dosis de abonado mineral nitrogenado obtenemos mejor producción comercializable y además menor lixiviación de nitratos en el cultivo de pimiento de invernadero, los mejores resultados de nuestros ensayos se obtienen en el tratamiento ecológico T-E (0 g N mineral/m²), con una media de más de 100 000 kg/ha, seguido de los tratamientos con el abonado según el C.B.P.A. (13 gN/m²) y el tratamiento integrado T-I (aproximadamente 15 gN/m²), por encima de los 80 000 kg/ha. Con una producción entre los 70 000 y 80 000 kg/ha estarían T-1 (0 gN/m²) y T-2 (15 gN/m²) y por último, estarían los tratamientos T-C (cultivo convencional, con unos 30 gN mineral /m²), T-3 (30 gN/m²) y T-4 (45 gN/m²), que se mueven en una producción comercializable media en el entorno de los 60 000 kg/ha.

Aunque el abonado mineral nitrogenado en T-2 era muy similar al del T-I, el abonado estercolado aplicado fue significativamente superior en T-I (4 kg estiércol/m²) que en T-2 (1,5 kg estiércol/m²), lo que podría explicar la mayor producción del T-I. De esto se infiere cómo el estercolado tuvo una importante incidencia en la producción, de manera que si el T-E se hubiera abonado con 1,5 kg estiércol/m², muy probablemente no habría dado tan buenos resultados como con 4,0 kg estiércol/m².

Se ha podido comprobar, pues, como con dosis de abonado mineral nitrogenado pequeñas y moderadas, para las cantidades de estiércol aportadas, se obtiene una mayor producción y en cambio, en las condiciones de los ensayos, la producción ha sido menor en los cultivos más intensamente abonados con nitrógeno mineral, pudiendo concluir cómo el exceso de abonado mineral nitrogenado no solo se lixivia y da lugar posteriormente a una contaminación difusa sino que además da lugar a una menor producción.

Para las condiciones de los ensayos existe una relación lineal negativa entre la producción comercializable de pimientos y la lixiviación de nitratos. El diagrama de dispersión de la producción comercializable en función del tratamiento aplicado nos permite observar como la tendencia es que hay un punto óptimo de aplicación de abonado mineral nitrogenado para el cual se obtiene más producción comercializable, de manera que tanto si se sobrefertiliza con N como si la dosis aplicada es insuficiente, la producción se resiente.

RECOMENDACIONES DE ABONADO NITROGENADO EN PIMIENTO DE INVERNADERO

Conforme a las obligaciones de la Directiva 91/676/CEE, la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente estableció mediante la Orden de 3 de diciembre de 2003 el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia, que es una recopilación de prácticas agrarias que los agricultores pueden realizar voluntariamente, pero de obligado cumplimiento en las zonas designadas como vulnerables y para todos aquellos agricultores beneficiarios de ayudas agroambientales.

En nuestros ensayos hemos aplicado dosis de abonado mineral nitrogenado de 0 g/m² en el T-1 y T-E, de 15 g/m² en el T-2 y T-I, de 13 g/m² de N mineral a todos los tratamientos en 2002 (cálculos de abonado nitrogenado según el C.B.P.A.), de 30 g/m² en el T-3 y T-C y de 45 g/m² en el T-4. Los datos de producción y lixiviado corroboran como el C.B.P.A. es un buen indicador de la dosis de abonado mineral nitrogenado a aportar en el cultivo de pimiento de invernadero (y por extensión probablemente a los otros cultivos), si bien la cantidad de N mineral que obtenemos al aplicar la fórmula del C.B.P.A. en las condiciones de producción, estercolado, suelos y agua de riego de nuestros ensayos (7,78 gN/m², como media de todos los años), debe tomarse como un valor máximo, ya que nosotros hemos obtenido unos datos de producción que no varía respecto al resto de tratamientos con dosis de N mineral de 0 gN/m².

El actual programa de actuación sobre las zonas vulnerables (Orden de 16 de junio de 2016 de la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente) permite la aplicación de más fertilizante nitrogenado en este cultivo, ya que el coeficiente de extracción de N (cantidad de N en kg para producir una tonelada de cosecha comercializable) que en el C.B.P.A. era de 3 kgN/t en este caso se amplía a una horquilla entre 3 y 4,5 kgN/t, cantidad adicional esta que no viene compensada por el hecho de

que en esta última norma se deba calcular la cantidad de nitratos al inicio del cultivo, que no se puede considerar despreciable.

Llegado este punto, se ha creído conveniente, por los conocimientos obtenidos en esta tesis, revisar las fórmulas vigentes para el cálculo de la dosis de abonado mineral en el cultivo de pimiento, la del C.B.P.A. de la Región de Murcia y de la Orden de 16 de junio de 2016, de obligado cumplimiento para todos aquellos que cultiven en las zonas vulnerables y recomendada para el resto. La revisión de estas fórmulas se ha considerado por varias causas: los resultados derivados de las mismas, que pueden dar lugar a una sobrefertilización nitrogenada según hemos visto en los ensayos; la amplia horquilla de valores que ambas fórmulas permiten, puesto que consideramos que es mejor ofrecer directamente un valor fijo medio para los cálculos; la necesidad de integrar en una sola fórmula las bondades de ambas y por último la necesidad de ofrecer al agricultor fórmulas más precisas, que no den lugar a ambigüedades de interpretación o dificultades de cálculo, como ocurre en el caso del N mineral inorgánico soluble al inicio del cultivo.

Aplicando los cálculos del C.B.P.A. en nuestros ensayos obtenemos una dosis de abonado mineral nitrogenado de 7,78 g/m², aplicando los cálculos del balance de N de las Orden de 16 de junio de 2016 obtenemos una horquilla que va de 10,94 a 17,11 g/m² y según la fórmula de cálculo propuesta en esta tesis obtenemos unas necesidades de abonado mineral nitrogenado de 1,43 g/m². Estas bajas necesidades en nuestros ensayos se deben principalmente a la continua aplicación de materia orgánica en el suelo, que se aumenta con la biofumigación, y a la alta cantidad de nitratos en el suelo al inicio de los cultivos.

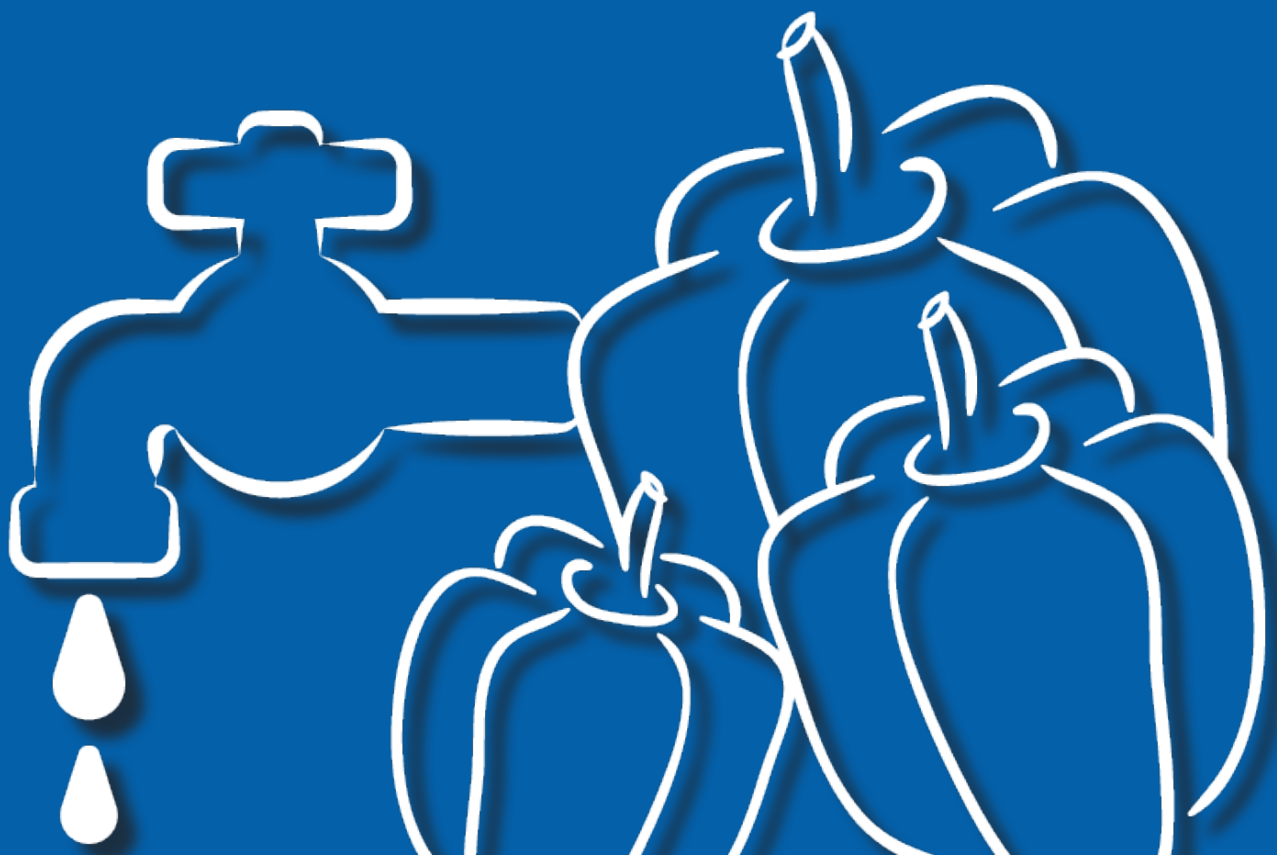
Hemos empleado para el cálculo de las dosis de N mineral la siguiente fórmula: $N \text{ mineral} = \text{Dosis N} - N \text{ inorgánico suelo} - N \text{ mineralización m.o. suelo} - N \text{ enmiendas} - N \text{ agua riego (kgN/ha)}$, que con nuestra propuesta de cálculo permite reducir la dosis de abonado mineral nitrogenado en una cantidad considerable, como hemos visto sin mermas en la producción de pimientos.

Así pues, según nuestros estudios, los costes exclusivamente relacionados con el abonado mineral nitrogenado (materias primas + mano de obra), sin contar el estercolado, en el cultivo de pimiento de invernadero, que ascenderían a unos 1.500 €/ha según la Asociación Murciana de Organizaciones de Productores Agrarios (2006), se podrían reducir en el entorno del 50% en este cultivo, sin afectar a la producción, con los consiguientes beneficios medioambientales.

Por todo ello, los estudios derivados de esta tesis, permiten dar a conocer a los agricultores cómo una reducción a unos determinados niveles en el abonado nitrogenado no supone una reducción en la cantidad y calidad de las cosechas y si en cambio un ahorro en el consumo de fertilizantes, lo que conllevaría una menor lixiviación de nitratos. Los cosecheros-exportadores, en su mayoría constituidos en Cooperativas y Sociedades Agrarias de Transformación, se beneficiarán aplicando las recomendaciones derivadas de esta tesis, de una reducción en sus costes de producción y, por su parte, el consumidor se beneficiará de una mayor seguridad del producto, manteniendo la calidad y al mismo tiempo, con estas prácticas, se favorecerá el objetivo medioambiental de reducir la lixiviación de nitratos en la Comarca del Campo de Cartagena, tan importante para la preservación de la laguna del Mar Menor.

Abstract

"EVALUATION OF NITRATE LEACHING IN A SWEET PEPPER CROP UNDER GREENHOUSE CONDITIONS IN CAMPO DE CARTAGENA"



OBJECTIVES AND JUSTIFICATION

The incorporation of fertilizers into agriculture has been one of the main factors that have increased agricultural production, but currently the excess of chemical fertilization is the main cause of the contamination of aquifers and groundwater. This effect is caused by nitrate, which is not retained in the soil and is affected by strong leaching processes. These processes result in its transfer to underground aquifers, with the consequent contamination and risk to human health. Therefore, in the efficient management of N in agricultural systems there is a challenge: namely, to maintain the rate of growth in productivity while ensuring the sustainability of the environment.

Water pollution by nitrate is an increasing phenomenon, since there has been an increase in its concentration in surface and groundwater, as well as in the eutrophication of reservoirs, estuaries, and coastal waters. Therefore, in order to solve this problem and address the growing concern for the environment, the Directive 91/676/EEC was published on 12 December in relation to the protection of waters against pollution caused by nitrate from agricultural sources. The purpose of this Directive is to establish the measures necessary to prevent and, when possible, to reduce or eliminate groundwater contamination, by avoiding the inadequate use - due to either excess quantities or inappropriate application periods - of nitrogen fertilizers.

The Directive considers that the main cause of pollution from the diffuse sources which affect waters of the European Union is nitrate from agricultural sources, and therefore it is necessary to reduce these sources. Moreover, it is important to take measures concerning the application to the soil of all nitrogen compounds. Thus, by promoting good agricultural practices, Member States can provide, for all waters, a general level of protection against future pollution. Also, those areas that discharge or drain into waters vulnerable to pollution require special protection.

The Directive imposes a number of obligations on Member States, including the implementation of action programs to reduce water pollution due to nitrogen compounds in vulnerable areas and the inclusion of measures to limit the application to the soil of all nitrogen-containing fertilizers, an aspect that is part of this thesis.

Within this theme, one of the critical points of the Strategic Plan for Development of the Region of Murcia (2007-2013) considers minimizing the nutrient and phytosanitary discharges to the Mar Menor Lagoon, caused by the development of the agriculture in its basin. This Plan also promotes lines of research that prioritize the main environmental problems in the Region, including an increase in the monitoring and control of fertilizer discharges to the environment, as well as the dissemination of information to the farmers.

The growth in the area of irrigated land in the Campo de Cartagena zone, which has increased from 10,000 ha in the 1980s to 42,000 ha today, has led to a notable increase in the entry into the Mar Menor of nitrogen and phosphorus of agricultural origin, in recent decades. The rise in the number of desalination plants, which release brines rich in these nutrients, due to the underlying problem of chronic shortage of water resources in the area, has only aggravated the problem.

All the factors pointed out above justify the necessity to optimize the doses of fertilizers and phytosanitary products in the Campo de Cartagena, in order to minimize the environmental impact, avoiding socio-economic damages while maintaining crop productivity. This is the basis for the experimental approach described in this thesis.

For this study, the crop chosen was sweet pepper grown under greenhouse conditions, because it is a typical example of the new productive orientations of the commercial agriculture in the Region of Murcia and the south of the Province of Alicante. In these areas, agriculture is highly technical and with an eminently social character. This crop occupied 2,500 ha in 2006, with a progressive reduction to 1,224 ha by 2012. It is cultivated with three management systems which are studied in this Thesis: ecological, integrated, and conventional cultivation. The conventional cultivation is of great interest in the Region of Murcia, and occupies the greatest area within the greenhouses of the Campo de Cartagena, where the experiments were carried out.

With these studies, the aim is to demonstrate for the pepper crop under greenhouse conditions, in the Campo de Cartagena, the hypothesis that a surplus of nitrogen fertilizers does not always contribute to an increase in yields, but does increase the risk of diffuse contamination of the groundwater by leaching (Pratt, 1984). Moreover, this leaching will be quantified according to the dose of fertilizer, and the agricultural practices in this crop that can reduce the losses of nitrate into the aquifers will be evaluated.

This thesis aims to expand the scientific/technical knowledge of nitrate leaching in the greenhouse cultivation of pepper by systematizing and analyzing the results of three research projects: Project I.N.I.A. SC-99-042, Regional Project RTA-Positivo-03-3, and Project I.N.I.A. RTA-04-035. The duration of our study in this crop (1999-2007), the singular experimental set up with large drainage lysimeters in greenhouse, and the multidisciplinary team involved in this research (from the Regional Ministry of Agriculture, IMIDA, UPCT, CIFEA, LAYMA, SYNGENTA, and KOPPERT) provided an overview of all the important aspects of crop sustainability, irrigation, and leaching over an eight-year period. The findings form the basis of this thesis.

Therefore, the idea was to determine the influence of different doses of nitrogen fertilizer (from 0 to 45 g N/m²) and different agricultural practices (organic, integrated, and conventional cultivation) on the leaching of nitrate and on yield, with the aim of establishing the basis of the impact of the greenhouse pepper crop in this zone. Thus, the aim was to develop techniques that minimize the risks of contamination due to excess nitrogen fertilizer, with the consequent environmental, social, and economic benefits.

EXPERIMENTAL SET UP

The greenhouse was located at the Integrated Center for Training and Agrarian Practices in Torre-Pacheco (Murcia). The greenhouse was a multi-layer type, with two bodies, having a polyethylene cover and lateral and aerial ventilation, with external dimensions of 12 x 36 m. It was divided into two parallel blocks, separated by a central ditch to collect the leachate. Each block contained four lysimeters, corresponding to the basic plots of the experiments.

The set of eight lysimeters within the greenhouse is the pivotal structure of the project. It has a prismatic shape, with a quadrangular section whose horizontal upper base has the following dimensions: 7.80 m long, 6.65 m wide, and depth between 0.7 m and 0.8 m - to ensure enough slope so the drainage can flow through valves located in the bottom of each lysimeter. They are completely waterproofed, the floor is made of concrete with side masonry walls plastered with cement mortar and covered by a plastic film sloping towards the main collectors, located in the central pit of the greenhouse.

The lysimeters were filled in 1998 with a first layer of sand and later with the excavated soil used for cultivation, trying to order the horizons according to the distribution existing at the time of the excavation. After this, eight consecutive pepper crops were cultivated, from 1999 until the end of the assays studied in this thesis in 2007. This type of soil (clay-loam, deep, and well drained) is the most suitable for the cultivation of pepper under greenhouse conditions, and is also the most common in greenhouses in this zone, being as representative as possible for the area considered.

The experimental design during the eight cropping seasons consisted of four different trials. In 1999, 2000, and 2001, the following nitrogenous fertilizer treatments were applied: 0 g/m² (T-1); 15 g/m² (T-2); 30 g/m² (T-3), and 45 g/m² (T-4). In 2002, the same dosage was applied to all plots: a nitrogenous fertilizer dose considered optimum according to the calculations of the Murcia Code of Good Agricultural Practices (CBPA), 13 g N/m². Moreover, an experiment was carried out with the pesticide Buprofezin. During the years 2003, 2004, and 2005 the treatments consisted of testing the three types of cultivation existing in the zone: organic (0 g/m² of mineral nitrogen), integrated (~15 g N/m²), and conventional (~30 g N/m²). In 2006, the experiment consisted of only the two types of crop with the best agri-environmental results: organic (0 g/m² of mineral nitrogen) and integrated (~15 g N / m²), since conventional cultivation gave higher levels of nitrate leaching.

In order to control the movement of nitrate in each plot, suction probes were installed at 25 and 50 cm depth, and a drainage outlet at 100 cm depth. Nitrate concentrations were determined in

the leachates by analyzing each of the samples with a spectrophotometer and the amount of nitrate leached was calculated as the volume leached multiplied by its nitrate concentration. Around a dozen samples were analyzed per crop season.

The field trials that serve as a basis for this thesis cover a total of eight crop seasons, from sowing on December 1999 (1999-2000) until harvest on July 2007 (2006-2007 campaign). The following varieties were studied: "Lamuyo"- type, cultivar 'Herminio' in years 1999, 2000, and 2001; "California"-type, cultivar 'Ribera' in 2002; "California"-type, cultivar 'Rene' in 2003; "California"-type, cultivar 'Cabezo' in 2004; "California"-type, cultivar "Quito" in 2005, and "Lamuyo"-type cultivar "Almudén" in 2006.

Drip irrigation was applied because it is the typical technique for this crop and it minimizes the leaching losses of both water and fertilizers. In order to calculate the irrigation volume, which was the same for all treatments, we used Penman's theory (1948) and the FAO irrigation guidelines (Doorenbos and Pruitt, 1977), taking into account daily readings of evaporation type A and calculating weekly irrigation schedules according to the total needs as $N_t \times 7 \text{ days} = \text{liters/week}$, based on the previous week's evaporation readings.

Irrigation frequency was determined by the use of tensiometers, having at least two lysimeters for a battery of three tensiometers, at 15, 30, and 60 cm depth. For better irrigation control, suction probes were used in each lysimeter, at depths of 25 and 50 cm. The solution was periodically collected and electrical conductivity (indicating salts) was measured. Conductivity higher than 5 dS/m was indicative of irrigation deficit and a value lower than 2.5 dS/m indicated excess irrigation.

In the years 1999, 2000, 2001, and 2002, approximately 1.5 kg/m² of manure was applied, and in 2004, 2005, 2006 and 2007, due to solarization-disinfection (biofumigation) requirements, 4 kg/m² was applied.

In each year, two soil samples were taken per lysimeter at three depths (from 0 to 20 cm, from 20 to 40 cm, and from 40 to 60 cm), to determine - at least - the parameters of texture, nitrate, organic matter, cation-exchange capacity (CEC), pH, and bulk density.

NITRATE LEACHING. PARTIAL RESULTS (1999-2004)

Irrigation in 1999 was set according to data from the evaporimetric cuvette (A-type) on the outside of the greenhouse. We found that the wind effect led to an overestimation of actual evaporation inside the greenhouse, and consequently irrigation. Because of that, leaching was greater that year (1999-2000 crop seasons). For the rest of the annuities, the irrigation was also programmed according to the FAO method, but with the evaporimetric cuvette inside the greenhouse.

During the trials (1999 to 2004), an average of 58.26 m³ of water per m² (5826 m³/day) was applied throughout the crop season, from planting to harvesting (7 months). Pepper yield did not increase when, due to climatological reasons, more water was applied. For example, in one year only 57.03 liters of water were needed to produce 1 kg of peppers and in another, 71.78 liters of water were needed.

The study of nitrate leaching during the first three years of the experiments (treatments with 0, 15, 30, and 45 g N/m²) showed that the systems discharged considerable quantities of this element, ranging from 10.94% to 12.12% of the mineral nitrogen supplied, which means losses ranging on average from 7.169 g/m² (T-1) to 25.86 g/m² (T-4). It is noteworthy that even the treatment without mineral nitrogen fertilizer gave nitrate in the drainage water. With this effect we can consider the cultivated soil as a supplier of nitrate; this depends on the contribution of organic fertilizer, the N-richness of the soil, and the volume of leached water.

A clear reduction in the nitrate concentration in the leachates in the organic crop treatment was obtained throughout the crop cycle, and somewhat less in the integrated treatment. This is the result of the nutrient uptake by the crop, that reduced the concentration of this element in the soil.

Additionally, conventional cultivation did not show such a marked decline, because nitrate inputs were higher than what was consumed by the plant. In the first stages of the season more nitrate percolated, diminishing as the crop developed and demanded more nitrogen. As a consequence, the accumulated concentration of nitrate was much higher in the conventional crop (reaching 350 ppm) than in the integrated one (reaching 220 ppm), and far superior to the organic crop, where it barely reached 150 ppm.

The amount of nitrate leached (accumulated, g/ha) was much higher in the conventional crop (300 kg/ha) than in the integrated one (220 kg/ha) and the organic one, around 170 kg/ha. This indicates that there was a very clear overfertilization of nitrogen in the conventional cultivation (with 45 g mineral-N/ m² and 4 kg/m² of manure) and considerable losses in the ecological and integrated crops that need to be quantified in the light of the data provided by all the experiments.

RESULTS OF THE ISOTOPE ASSAYS IN 2003-2006

During the crop seasons 2003-2004, 2004-2005, and 2005-2006 fruits were collected from the organic, integrated, and conventional production treatments, in order to validate a methodology that is intended to differentiate, in fruit, the use of nitrogenous fertilizers according to their origin (chemical synthesis or from manures).

The studies on fruits from the three crop seasons showed significant differences according to the production system used, which were directly associated with the non-application of synthetic fertilizers (organic farming) and the dosage (conventional or integrated farming). Thus, considering all the years of the study, the conventional treatment presented mean values of $\delta^{15}\text{N}$ of 4.9 compared to 8.7 for the integrated treatment and 13.6 for the organic treatment, with significant differences between all the treatments studied. The results obtained validate the use of this methodology to detect the fraudulent use of synthetic nitrogen fertilizers in crops considered organic.

In addition to the study of isotopic discrimination, the concentration of total nitrogen in the pepper fruits was analyzed. Considering the average of all the years, the conventional treatment presented significant differences with respect to the integrated and organic treatments. Thus, the organic treatment showed an average decrease of 16.6% in the concentration of total N, compared to the conventional treatment.

PARTIAL RESULTS OF NITRATE LEACHING 2005-2007

The average irrigation dosage applied to the crop in the 2005-2006 season was 755.17 l/m² (7551.7 m³/ha). This value is typical of the irrigation in this region, which ranges from 6000 to 9000 m³/ha. The average accumulated volume of the conventional treatment (C-T) leachates was 113.3 l/m², for the integrated treatment (T-I) it was 132.4 l/m², and for the organic treatment (T-E) it was 156.0 l/m².

These differences in irrigation water leaching might be due to the difference in nitrogen fertilizer applied for each treatment, which resulted in higher production of biomass when more nitrogen was applied. Hence, the C-T treatment gave greater vegetative growth than T-I, which gave greater growth than T-E. The greater the leaf area of the crop, the greater the transpiration and the lower the percentage of irrigation water that reached deeper layers of soil.

The average electrical conductivity (dS/m) in the samples throughout the crop season was 2.94 dS/m in the T-E crop, 3.43 dS/m in T-I, and 3.47 dS/m in C-T. The percentage N leaching was 14.62% in the organic treatment, 17.14% in the integrated, and 21.74% in the conventional one, the evolution of the nitrate leaching being as expected.

At first, the three cultivation methods showed leaching of a similar quantity of nitrate (at 70 days after transplanting, dat), a result of having applied the same amount of basal dressing (manure) in each of the three treatments. Between 70 and 92 dat, a significant amount of nitrate leaching occurred, both T-E and T-I reaching close to 90 kg/ha and T-C almost 150 kg/ha. From 92 dat until the end of the crop season T-E only leached a small amount of nitrate, practically stabilizing its accumulated content at around 100 kg/ha. The mineral fertilizer applied in treatments T-C and T-I caused an increase in the amount of nitrate found in deep leachates, reaching values much higher than those obtained in T-E, especially in the case of T-C. During the 2006-2007 crop season, with only two treatments tested, T-I ended with an accumulated nitrate value of 150 kg/ha and T-E close to 73 kg/ha.

RESULTS OF THE SUCTION PROBES TEST 2003-2007

The suction probes, installed at 25 and 50 cm depth, allowed periodic sampling of soil water, to determine the content of nitrate and the electrical conductivity and pH.

The average nitrate concentration at 25 cm depth in T-E (3.28 ppm) was statistically different from those of treatments T-I and T-C (28.85 and 42.88 ppm, respectively). This was because no nitrogenous fertilizer was applied in T-E, and consequently the nitrate content was lower in the upper layer of the soil.

The mean values obtained at 50 cm depth indicate that there were statistically significant differences between CT (310.52 ppm NO_3^-) and the other two treatments (65.34 and 80.07 ppm; TE and TI, respectively). In this case this difference was due to deep nitrate accumulation in T-C, due to the higher contribution of nitrogen fertilizer.

There were statistically significant differences between treatment T-E and the T-I and T-C treatments regarding the electrical conductivity measured in the probes, but with no differences between T-I and T-C. The T-E values were, most of the time, lower than those of T-I and T-C.

OVERALL LEACHING AND YIELD RESULTS 1999-2007

Analysis of variance (ANOVA) of the nitrogen leaching (kg/ha of N leached) was performed for each of the treatments tested and all crop seasons. The minimum and maximum values obtained, from the ANOVA, for the experimental unit (lysimeter) were 10.20 and 398.43 kg/ha of N leached, respectively, with an average value (for 56 samples) of 145.55 kgN/ha. For a confidence level of 95%, the population mean was between 120.26 and 170.84 kg/ha of N leached .

The values of the F (Fisher-Snedecor) statistic show that populations defined by the variable “nitrate supplied” did not show the same leaching of N, according to the treatment applied. In order to find out which means in particular differed from others, the Tukey (1953) HSD test was applied and showed that all the mean values differed significantly: T-4 (45 g N/m²) and T-C (conventional) differed significantly from T-1 (0 g N/m²), T-2 (15 g N/m²), T-I (integrated cultivation), and T-E (organic farming). The table of homogeneous subgroups of the ANOVA procedure includes in subset 1 three treatments (T-1, T-2, and T-E) whose means differ significantly from the others, in subset 2 two treatments (T-I and T-3) differing from the three previous ones, and in subset 3 the other two treatments (T-C and T-4) that differ from the previous two. As expected, the hypothesis that nitrate leaching was proportional to the amount of mineral N supplied was validated.

The average marketable yield during the eight years of trials was 78 938,40 kg/ha, with a minimum of 34 730 and a maximum of 121 900 kg/ha. The average non-marketable yield was 7 803,30 kg/ha, with a minimum of 620 and a maximum of 38 230 kg/ha - the total yield being 86 623,30 kg/ha, with a minimum of 38 930 and a maximum of 139 550 kg/ha. These values are within the range commonly obtained in the region.

Given the data from the F-statistic, it was decided to reject the assumption of equality of means and to conclude that the populations defined by the variable N-supply did not give the same yield.

As it was not known if this occurred in any of the experiments in a specific way or in all of them in a generalized way, as happened with the N leaching, it was checked with a post hoc test or multiple comparisons test - from which homogeneous subsets were obtained with the SPSS software.

Thus, with respect to the marketable yield, the most important for farmer profitability, three groups of treatments were found. Firstly, the conventional treatment, with the lowest yield (less than 60 000 kg/ha of marketable yield), very close to T-4. In second place, treatments giving a yield of between 60 000 and 90 000 kg/ha of marketable yield, in increasing order: T-4 (45 g N/m²), T-3 (30 gN/m²), T-1 (0 gN/m²) and T-2 (15 g N/m²) and then, a certain distance from these, T-I (integrated culture; with about 15 g N/m²) and the treatments of the pesticide (Buprofezin) assay, with 13 g N/m². The third homogeneous subset was T-E, with a marketable yield of more than 100 000 kg/ha, which was the treatment with the best yield and without the application of any nitrogen fertilizer.

Therefore, it can be concluded that there were no significant variations in the marketable production among the different nitrogenous fertilizer doses applied, with the exception of conventional and organic cultivation, with a low level of statistical significance, and a higher marketable yield for T-E than for T-C. Yield was inversely proportional to the amount of N provided, although many of the treatments did not differ significantly in statistical terms.

The objective of this thesis was to determine the dose of nitrogen fertilizer that gave the highest marketable yield, while minimizing nitrate leaching, in the greenhouse pepper crop. The best results were obtained with the organic treatment T-E (0 g mineral N/m²), with an average of over 100 000 kg/ha, followed by the fertilizer treatment in accordance with the CBPA (13 g N/m²) and the integrated treatment T-I (approximately 15 g N /m²), above 80 000 kg/ha. Treatments T-1 (0 g N/m²) and T-2 (15 g N/m²) showed yields between 70 000 and 80 000 kg/ha and, finally, came the treatments T-C (conventional cultivation with about 30 g mineral N/m²), T-3 (30 g N/m²), and T-4 (45 g N/m²), with marketable yields around 60 000 kg/ha.

Although the nitrogen fertilizer dosage in T-2 was very similar to T-I, the fertilizer application was significantly higher in T-I (4 kg manure/m²) than in T-2 (1.5 kg manure/ m²). This could explain the higher yield found in T-I. From this it can be inferred that the manure had an important effect on yield, so that if the T-E had been fertilized with 1.5 kg of manure/m², it would probably not have been as successful as with 4.0 kg manure/m².

For small and moderate nitrogen mineral fertilizer doses, the quantities of manure applied gave a higher yield. Additionally, under the conditions of the experiment, yield was lower in the crops intensely fertilized with mineral nitrogen; thus, excess mineral nitrogen fertilizer not only leached, subsequently resulting in diffuse contamination, but also gave a lower yield.

Under the conditions of the experiments, there was a negative linear relationship between the marketable yield of peppers and the nitrate leaching. The dispersion diagram of marketable yield as a function of the applied treatment showed that there was an optimum point of application of nitrogen fertilizer at which more marketable yield was obtained. Therefore, overfertilization or insufficient N supply resulted in lower yields.

NITROGEN FERTILIZER RECOMMENDATIONS FOR PEPPER IN GREENHOUSES

In accordance with the obligations of Directive 91/676/CEE, the Murcia Regional Ministry of Agriculture, Water, and the Environment established -by means of the Order of 3 December 2003- the Code of Good Agricultural Practices of the Region of Murcia (CBPA), a compilation of agronomic practices which farmers can carry out voluntarily, but which must be complied with in the areas designated as vulnerable and by those farmers that receive agri-environmental grants.

In the experiments, the nitrogen fertilizer dosage was 0 g/m² in T-1 and T-E, 15 g /m² in T-2 and T-I, 13 g/m² of mineral N in all treatments in 2002 (calculations of nitrogen fertilizer according to the CBPA), 30 g/m² in T-3 and T-C, and 45 g/m² for T-4. The yield and leachate data corroborate the CBPA as a good indicator of the dose of nitrogen fertilizer (in the cultivation of greenhouse

pepper, and probably other crops). However, the amount of mineral N obtained by applying the CBPA formula (7.78 g N/m^2 , on average for all years) should be taken as a maximum value, as the yield values obtained did not vary with respect to the other treatments with mineral N doses of 0 g N/m^2 .

The current program of action on vulnerable zones (Order of 16 June 2016, of the Murcia Regional Ministry of Water, Agriculture, and Environment) allows the application of more nitrogen fertilizer in this crop, since the N extraction coefficient (amount of N (kg) to produce one tonne of marketable yield), was 3 kg N/t in the CBPA. In this case it is extended to between 3 and 4.5 kg N/t . This additional amount was not compensated by the fact that in the above mentioned Order the amount of nitrate at the beginning of the cultivation should be calculated, which cannot be considered negligible.

At this point, it has been considered convenient, due to the knowledge obtained in this thesis, to review the current formulas for calculating the mineral fertilizer dosage in the pepper crop, that of the CBPA of the Region of Murcia and that of the Order of June 16, 2016 (mandatory for all those who cultivate in vulnerable areas and recommended for the rest). The review of these formulas has been considered for several reasons: the results derived from them can lead to nitrogen overfertilization, as shown in the experiments; the wide range of values that both formulas allow, since it seems better to offer directly a fixed average value for the calculations; the need to integrate in a single formula the benefits of both; and, finally, the need to offer the farmer more precise formulas that do not suppose ambiguities of interpretation or calculation difficulties, as in the case of soluble inorganic N at the beginning of the crop season.

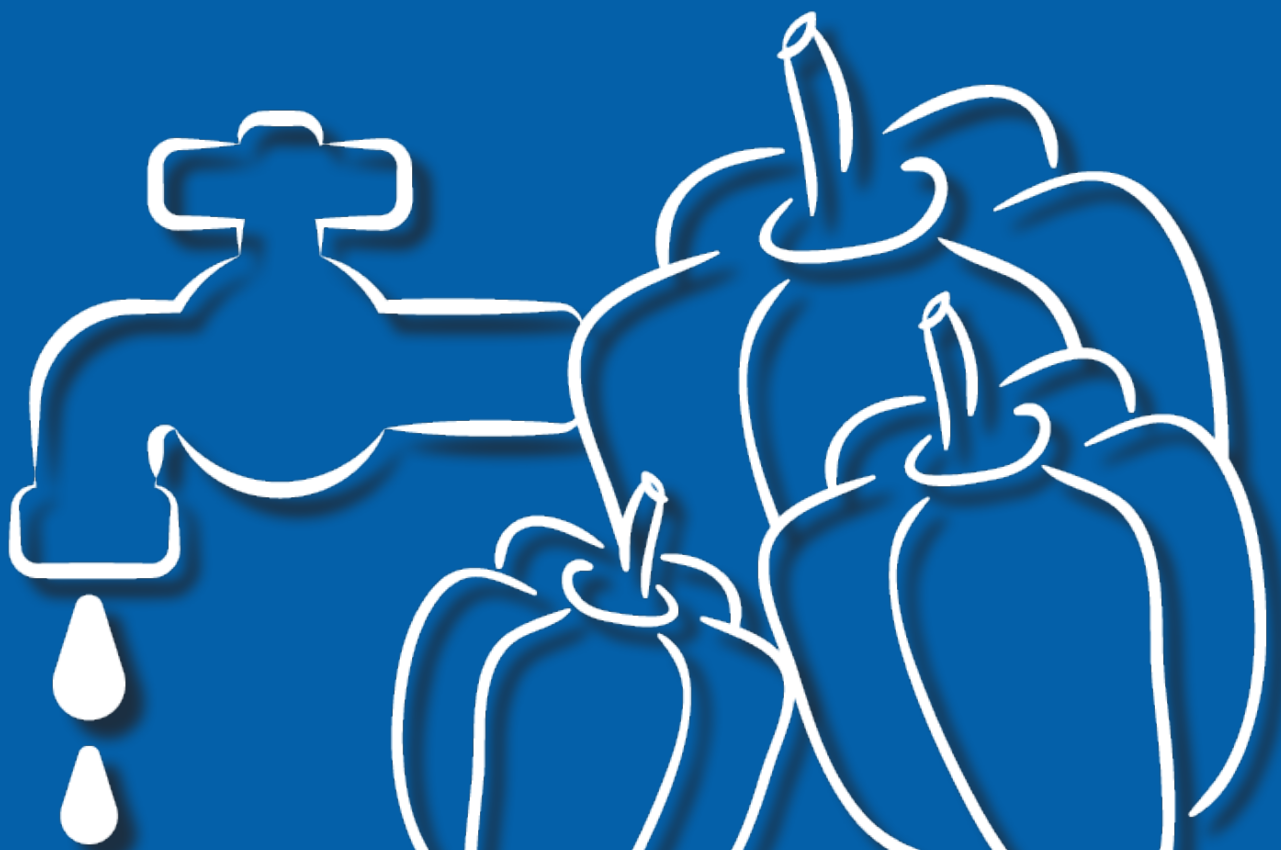
Applying the calculations of the CBPA to these experiments gave a dose of nitrogen fertilizer of 7.78 g/m^2 , whereas applying the nitrogen balance calculations of the Order of June 16, 2016 gave values of 10.94 to 17.11 g/m^2 . The formula proposed in this thesis gave a nitrogen mineral fertilizer requirement of 1.43 g/m^2 . This low requirement in our trials was mainly due to the continuous application of organic matter to the soil, which increased with biofumigation, and to the high amount of nitrate in the soil at the beginning of the crop seasons.

For the calculation of the mineral N doses to apply, the following formula was used: $\text{N mineral} = (\text{N dose}) - (\text{N inorganic soil}) - (\text{N mineralization soil OM}) - (\text{N amendments}) - (\text{irrigation water N (kg N/ha)})$. Therefore, the calculation proposed here allows a considerable reduction of the dose of nitrogenous fertilizer, without losses of yield.

Thus, according to this study, the costs exclusively related to the nitrogen mineral fertilizer (raw materials + labor), not counting the manure, in the greenhouse cultivation of pepper were about $\text{€}1500/\text{ha}$, according to the Agricultural Producers Organizations in Murcia (2006). That cost could be reduced by 50% without affecting the yield, with the consequent environmental benefits.

So, the results obtained in this thesis can be used to let farmers know that a reduction of the nitrogen fertilizer dose to certain levels does not imply a reduction in the quantity and quality of the yield, but does represent a saving in terms of the consumption of fertilizers (which would lead to less leaching of nitrate). The harvester-exporters, mostly cooperatives and agricultural processing societies, will benefit by applying the recommendations derived from this thesis, due to the resulting reduction in their production costs. The consumer will benefit from the greater safety of the product, while maintaining the fruit quality. At the same time, these practices will favor the environmental objective of reducing nitrate leaching in the Comarca del Campo de Cartagena, of vital importance for the preservation of the Mar Menor lagoon.

Indice



CAPÍTULO 1. JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS Y OBJETIVOS

1.1.- MARCO LEGAL DE LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS.....	1
1.2.- LA PROBLEMÁTICA DE LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS.....	3
1.3.- PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS.....	5
1.4.- OBJETIVOS.....	8

CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN: LOS NITRATOS Y SU PROBLEMÁTICA

2.1.- EL NITRÓGENO COMO ELEMENTO MINERAL.....	12
2.2.- EL USO DEL NITRÓGENO EN LA AGRICULTURA	24
2.3.- LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS	31
2.4.- INVESTIGACIONES SOBRE LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS.....	40
2.5.- LEGISLACIÓN SOBRE LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS Y SU APLICACIÓN EN LA REGIÓN DE MURCIA.....	57

CAPÍTULO 3. INTRODUCCIÓN: EL CULTIVO DE PIMIENTO DE INVERNADERO

3.1.- EL CULTIVO DEL PIMIENTO	86
3.2.- EL CULTIVO DEL PIMIENTO EN LA REGIÓN DE MURCIA	107
3.3.- LA PROBLEMÁTICA DE LA AGRICULTURA INTENSIVA CONVENCIONAL: LAS AGRICULTURAS SOSTENIBLES.....	116

CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.- INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURAS	128
4.2.- TÉCNICAS EMPLEADAS EN LOS CULTIVOS DE PIMIENTO DE INVERNADERO.....	139
4.3.- ACTIVIDADES DESARROLLADAS.....	168
4.4.- MUESTREO Y PARÁMETROS ANALIZADOS.....	169
4.5.- RESULTADOS DE CALIDAD NUTRICIONAL DEL PIMIENTO Y CONSERVACIÓN EN POSTRECOLECCIÓN.....	179

Índice

CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1.- RESULTADOS DE LOS ENSAYOS 1999-2005	181
5.2.- RESULTADOS DE LOS ENSAYOS 2005-2007	207
5.3.- RESULTADOS GLOBALES DE LIXIVIACIÓN Y PRODUCCIÓN 1999-2007.....	225
5.4.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS CONJUNTOS DE TODAS LAS CAMPAÑAS 1999-2007.....	236

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

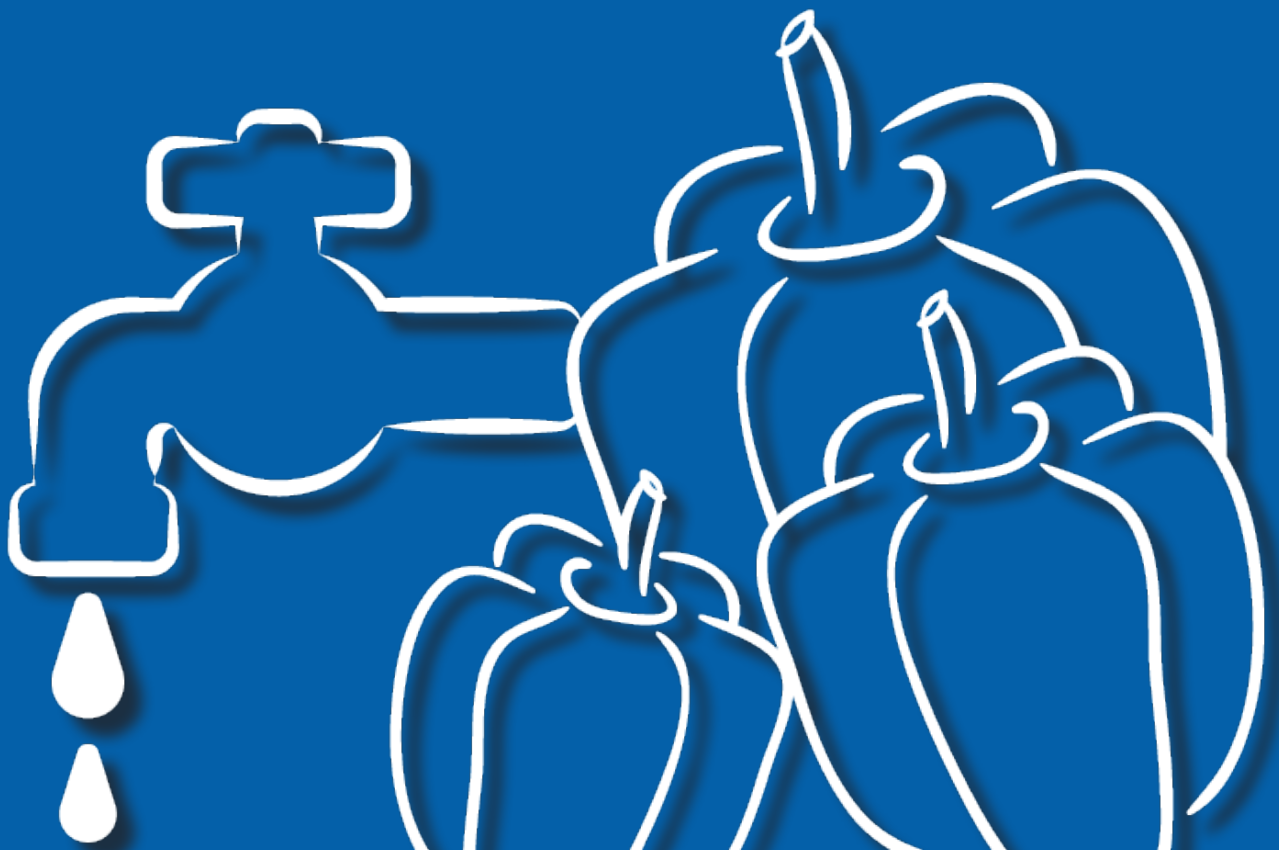
6.1.- CONCLUSIONES RELATIVAS AL RIEGO POR EL MÉTODO DE LA FAO.....	278
6.2.- CONCLUSIONES RELATIVAS A LOS VOLÚMENES APORTADOS Y LIXIVIADOS.	279
6.3.- CONCLUSIONES RELATIVAS A LA CONCENTRACIÓN Y CONDUCTIVIDAD DE LOS NITRATOS EN LOS LIXÍMETROS DE DRENAJE Y EN SONDAS DE SUCCIÓN.....	280
6.4.- CONCLUSIONES RELATIVAS A LA CANTIDAD DE NITRATOS LIXIVIADOS EN LOS LIXÍMETROS DE DRENAJE.....	281
6.5.- CONCLUSIONES RELATIVAS AL ENSAYO DE ISÓTOPOS Y CONCENTRACIÓN DE N EN FRUTOS.	283
6.6.- CONCLUSIONES RELATIVAS A LA PRODUCCIÓN DE PIMIENTO EN LOS TRATAMIENTOS ENSAYADOS.	284
6.7.- CONCLUSIONES RELATIVAS A LA RECOMENDACIÓN DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA.	286
6.8.- CONCLUSIONES RELATIVAS AL AHORRO EN EL CONSUMO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS.	287
6.9.- RESUMEN DE LAS CONCLUSIONES.....	288

BIBLIOGRAFÍA	321
---------------------------	------------

ANEXOS

Capítulo 1

Justificación de la tesis y objetivos



1.1.- MARCO LEGAL DE LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS

Hasta bien entrado el siglo XX, la agricultura constituyó el pilar básico de la actividad económica, destinada, exclusivamente, al abastecimiento de alimentos y otros bienes, sin tomar conciencia de su valor en la conservación de la biodiversidad, en la modelación del paisaje o en la protección del medio ambiente. En los últimos años han ido adquiriendo una mayor importancia aquellas funciones de la agricultura, distintas de la meramente productiva, poniendo de manifiesto el carácter multifuncional de la actividad agraria, que engloba los componentes socioeconómicos, y reconociéndose los efectos positivos de ésta en el medio ambiente.

Desde la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992 hasta ahora ha habido un progreso considerable en el incremento de la producción de alimentos y en la comprensión del manejo de los recursos naturales, pero todavía persisten serios problemas de inseguridad alimentaria, pobreza y degradación ambiental. En los últimos 40 años la producción de alimentos per capita ha crecido un 25 por ciento y los precios de los alimentos, en términos reales, han disminuido un 40 por ciento y como medida de este crecimiento, en los países en desarrollo, desde inicios de la década de 1960 hasta fines de la década de 2000, el rendimiento de los cereales pasó de 1,2 t/ha a 2,52 t/ha mientras que la producción total de cereales aumentó de 420 a 1.176 millones de toneladas anuales. Aún así, el mundo enfrenta el desafío fundamental de la seguridad alimentaria.

El medio ambiente es un bien común de toda la sociedad y debe ser conservado y apoyado por los ciudadanos y las diferentes administraciones a través de líneas de acción políticas para que su disfrute sea posible en el futuro. El Tratado de Amsterdam de la Unión Europea de 1997 exige la integración de las consideraciones medioambientales en el conjunto de las políticas y actividades comunitarias. Dicho Tratado incorpora el desarrollo sostenible a los objetivos de la Unión Europea. Posteriormente, en las Conclusiones del Consejo de Gotemburgo, de junio de 2001, los Estados Miembros de la Unión Europea resaltaron la necesidad de lograr la integración del medio ambiente y del desarrollo sostenible en las diferentes políticas, entre ellas, la Política Agraria Comunitaria, invitando a la Comisión Europea a profundizar en este aspecto y a incluir en cualquier propuesta futura de reforma, una evaluación cualitativa de las repercusiones en el medio ambiente y en el desarrollo sostenible, entendido como aquel que “responde a las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para responder a las suyas propias”.

En la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible del año 2002 en Johannesburgo, Sudáfrica se realizó un compendio de casos de un buen manejo de la tierra y de agricultura sostenible y desarrollo rural (FAO, 2002). Esta publicación analiza el progreso cumplido en los países desarrollados y en aquellos en desarrollo respecto al uso sostenible de la tierra y el agua en los sistemas agrícolas y también evalúa la medida en que proyectos o iniciativas sobre el tema han mejorado la producción de alimentos. Esta es la mayor encuesta conocida sobre la agricultura sostenible en los países en desarrollo, ya que fueron considerados 45 proyectos en América Latina, 63 en Asia y 100 en África. La conclusión principal que se obtuvo es que no existe una panacea universal respecto al uso sostenible de la tierra y el agua en los sistemas agrícolas, sino que cada zona, cada tipo de agricultura, cada cultivo debe ofrecer sus particulares soluciones a sus problemas, de ahí la importancia de realizar estudios específicos sobre sostenibilidad para sistemas de cultivo y lugares concretos, como el desarrollado en esta tesis.

La actividad agraria en la Unión Europea (UE) está regulada por los principios de la Política Agraria Común (PAC), desarrollada a partir de la creación de la Comunidad Económica Europea en 1957, mediante la firma del Tratado de Roma. En un principio y, hasta la Reforma de la PAC de 1992, esta política se centró en asegurar la disponibilidad de alimentos a precios razonables en el interior de la Comunidad, la estabilización de los mercados y el mantenimiento de un nivel de vida justo para los agricultores. Esta política ha logrado cumplir la mayoría de estos objetivos, a la vez que ha generado efectos negativos como el aumento incontrolado de los excedentes, la intensificación de la agricultura y un elevado gasto presupuestario. La Reforma de la PAC de 1992 fue la primera de las reformas que supuso una disminución de los precios de



intervención y la concesión de pagos compensatorios, así como la aparición de las denominadas medidas de acompañamiento de la PAC, entre las que se encuentran las medidas agroambientales.

La contaminación de las aguas por nitratos es un fenómeno cada vez más acusado, que se manifiesta en un aumento de su concentración en las aguas superficiales y subterráneas, así como en la eutrofización de los embalses, estuarios y aguas litorales. Con el fin de solucionar este problema y ante la preocupación del medioambiente, surgió la Directiva 91/676/CEE, de 12 de diciembre (Anexo I), relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos de origen agrario. Esta Directiva fue adaptada a nuestro ordenamiento jurídico mediante el Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero (Anexo I). Su fin es, por un lado, establecer las medidas necesarias para prevenir y siempre que sea posible, aminorar y eliminar la contaminación de las aguas subterráneas, evitando el uso inadecuado de abonos nitrogenados, ya sea por excesos en las cantidades aportadas o por épocas inadecuadas de aplicación. Por otro lado pretende restringir el vertido incontrolado de líquidos generados en las instalaciones ganaderas intensivas, dado que ambos factores son causa de dicha contaminación, sin descartar aportaciones producidas por otros agentes (Boletín Oficial de la Región de Murcia, número 286, de 12 de diciembre de 2003).

En dicha Directiva se impone a los Estados Miembros una serie de obligaciones como: identificación de masas de agua afectadas, designación de zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario, elaboración de un Código de Buenas Prácticas Agrarias, confección de programas de actuación para reducir los nitratos de origen agrario y emisión de informes de situación a partir del seguimiento periódico de la calidad de las aguas. Todas las obligaciones, a excepción de la primera son competencia de las Comunidades Autónomas.

Así, la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, en la Orden de 20 de diciembre de 2001 (B.O.R.M. de 31 de diciembre de 2001), designó como Zona Vulnerable a la contaminación por nitratos de origen agrario el área regable oriental del Tránsito Tajo-Segura y zona litoral del Campo de Cartagena. La confección del Programa de Actuación de dicha Zona Vulnerable se estableció en la Orden de 12 de diciembre de 2003 de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente, por el cual se deben desarrollar las actuaciones necesarias para reducir la contaminación por nitratos de origen agrario en los acuíferos catalogados como vulnerables, permitiendo recuperar valores por debajo del límite crítico (50 mg/l de ión nitrato) que haga factible alcanzar un nivel de calidad aceptable para cualquier uso (Boletín Oficial de la Región de Murcia, número 301, de 31 de diciembre de 2003). Una nueva disposición es la Orden de 22 de diciembre de 2003, publicada en el Boletín Oficial de la Región de Murcia, número 3, de 5 de enero de 2004, por la que se amplía la zona vulnerable a la contaminación por nitratos, incluyéndose la zona de los acuíferos de las Vegas Alta y Media de la Cuenca del Río Segura. El Programa de Actuación de dicha Zona Vulnerable se estableció en la Orden de la Consejería de Agricultura y Agua de 3 de marzo de 2009 (B.O.R.M. nº 57 de 10 de marzo de 2009). La última Zona Vulnerable designada es la del valle del Guadalentín, en la orden de la Consejería de Agricultura y Agua de 26 de junio de 2009 (B.O.R.M. nº 151 de 3 de julio de 2009).

Otra disposición normativa al respecto es la Orden de 3 de marzo de 2009, de la Consejería de Agricultura y Agua, por la que se establece el Programa de Actuación sobre la Zona Vulnerable correspondiente a los acuíferos Cuaternario y Plioceno en el área definida por Zona Regable oriental del Tránsito Tajo-Segura y el sector Litoral del Mar Menor.

Conforme a las obligaciones de la Directiva 91/676/CEE, de 12 de diciembre, la Consejería de Medio Ambiente Agricultura y Agua estableció la Orden de 31 de Marzo de 1998, por la que se aprobaba el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia. Después de cuatro años de su aprobación, se revisó el texto y mediante la Orden de 3 de diciembre de 2003, se aprobó el “nuevo” Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia. Con él se pretende que el sector agrario murciano obtenga sus producciones mediante sistemas de cultivo que sean compatibles con la

conservación del medio ambiente, y que eviten en lo posible, la contaminación del medio natural (Boletín Oficial de la Región de Murcia, número 286, de 12 de diciembre de 2003). El código define como zonas vulnerables las superficies conocidas de territorio cuya escorrentía fluya hacia las aguas afectadas por la contaminación si no se toman las medidas oportunas. No tiene carácter obligatorio, pretendiendo ser una recopilación de prácticas agrarias que los agricultores pueden realizar voluntariamente; pero las medidas serán de obligado cumplimiento en las zonas designadas como vulnerables, y además en las superficies acogidas a cualquier ayuda agroambiental cofinanciada con fondos del FEADER.

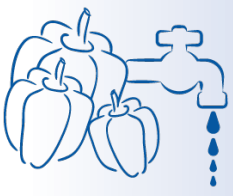
1.2.- LA PROBLEMÁTICA DE LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS

Hemos de tener en cuenta que hoy día, la utilización de sustancias químicas de síntesis está ampliamente extendida en la mayoría de los sistemas de producción intensivos, como es el caso del cultivo de pimiento grueso en invernadero. Sin embargo, esta utilización conlleva la aparición de otros problemas, tales como la presencia de residuos de las sustancias en los alimentos o la contaminación de las aguas, suelos, sedimentos, etc. como consecuencia de su liberación al medio ambiente. Por ello, resulta fácil justificar la necesidad de disponer de métodos que garanticen la utilización adecuada y ambientalmente sostenible de estos productos, cuya aparición en la naturaleza es causante de una gran preocupación social.

Por otra parte, en la actualidad, a nivel mundial más del 50% de las aguas subterráneas son destinadas a consumo humano según diversos autores, en consecuencia, su contaminación química ha cobrado gran importancia a nivel internacional, principalmente debido al potencial tóxico que estas sustancias tienen sobre la salud humana. La detección de numerosos acuíferos con más de 100 ppm de nitratos en las aguas subterráneas en Europa Occidental es un claro ejemplo del potencial de estos compuestos para lixiviarse. Las propiedades del suelo (estructura, textura, contenido en carbono orgánico, acidez, etc), de los fertilizantes (solubilidad, pKa, estabilidad, etc.), las prácticas agrícolas (enmiendas orgánicas, roturación, tipo de riego, dosis de aplicación, etc.) y las condiciones ambientales (T^a , humedad irradiación, etc.) juegan un papel importante en el transporte de los nitratos hacia los acuíferos.

Respecto a los fertilizantes nitrogenados, existen numerosos estudios que ponen de manifiesto cómo la fertilización contribuye de forma significativa a la contaminación nítrica del medio (Adiscott, 1995). La presencia de nitratos en los ecosistemas naturales puede suponer graves daños ecológicos como la acidificación y eutrofización de suelos y aguas (Emmett *et al.*, 1993). Actualmente, muchos agricultores aplican en exceso los mismos en la creencia de que obtendrán mayores cosechas. Este exceso de fertilización es una de las principales causas de deterioro de las aguas superficiales (Keeney, 1982) y subterráneas y por otro lado supone un derroche energético (Devitt *et al.*, 1976). Nuestra experiencia en pimiento de invernadero demostró que una sobredosificación de fertilizante nitrogenado no contribuye al aumento de la producción, pero sí incrementa el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas por lixiviación (Proyecto INIA SC-99-042). Por lo tanto, en aquellos casos en los que se utilicen dosis de abonado superiores a la capacidad de absorción de los cultivos o haya una falta de sincronía entre oferta y demanda (especialmente de N) el exceso será tarde o temprano lixiviado, apareciendo generalmente los efectos a largo plazo y siendo una contaminación de tipo difuso (Pratt, 1984). Se ha estudiado por diversos autores la lixiviación de nitratos en muchos cultivos, en función de las dosis de abonado nitrogenado empleadas y del drenaje, observando un aumento de la lixiviación con el incremento de ambas.

Los fertilizantes minerales nitrogenados suponen por si solos más de la mitad del coste energético de los cultivos (I.D.A.E., 2007), de ahí la importancia de hacer un uso eficiente de los mismos, principalmente en los cultivos de regadío por la intensidad del uso del nitrógeno, para lo cual es importante conocer la fertilidad del suelo, las necesidades de la planta y hacer un uso eficiente de la fertirrigación. Según diversos autores se puede considerar al nitrógeno como el principal factor de producción de los cultivos tras el agua, siendo necesario compaginar unas buenas producciones con la calidad de los productos y la protección del medio ambiente.



La postura de la Comisión Europea en temas medioambientales es firme, como demuestra el desarrollo de una Directiva específica para los nitratos con el fin de proteger la calidad de las aguas por estos contaminantes (Directiva 91/676/CEE). La protección del Medio Ambiente resulta uno de los retos principales a los que se enfrenta Europa, que plantea un modelo de desarrollo “sostenible” frente al agotamiento de los recursos naturales y el deterioro del Medio Ambiente. El desarrollo de este modelo sostenible exige un soporte científico-tecnológico y la difusión de la investigación sobre cuestiones medioambientales.

Las directrices de la Unión Europea en los últimos años reflejan claramente la especial sensibilidad y prioridad por los aspectos relacionados con el Medio Ambiente y la Calidad y Seguridad Alimentaria. Esta perspectiva de las prioridades comunitarias se identifica plenamente con las necesidades básicas de la Región de Murcia, en que el equilibrio entre desarrollo y respeto al medio ambiente pasa inevitablemente por la resolución de los problemas medioambientales de la Región. En esta línea uno de los puntos críticos del Plan Estratégico de Desarrollo de la Región de Murcia (2007-2013) contempla minimizar los vertidos de nutrientes y fitosanitarios aportados a la Laguna del Mar Menor por la agricultura que se desarrolla en su cuenca vertiente, estableciendo una acción coordinada entre los distintos organismos de administración, gestión e investigación y los sectores productivos. Otras líneas estratégicas de dicho Plan potencian vías de investigación que contemplen prioritariamente los principales problemas medioambientales de la Región, entre los que incluye el incremento del programa de vigilancia y control de vertidos de fertilizantes hacia el medio, así como la información a los agricultores.

Debido a la creciente demanda de alimentos y al carácter limitado de la disponibilidad de recursos naturales, se genera una presión cada vez más intensa sobre el medio natural, aumentando la generación de residuos y desechos. Por ello, los Planes Nacionales de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2000-2003, 2004-2007, 2008-2011 en sus Programas Nacionales de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias tienen todos ellos entre sus objetivos contribuir a satisfacer las demandas y necesidades sociales en relación a los métodos sostenibles de producción y conservación de productos agroalimentarios y promover la seguridad, calidad y propiedades saludables de los mismos a través de una producción competitiva y compatible con el desarrollo rural y el respeto al medio ambiente. Para ello, incluyen una serie de objetivos científico-técnicos prioritarios relacionados directamente con los impactos medioambientales de la agricultura con el fin de evaluar, controlar y minimizar los riesgos ambientales debidos a contaminantes químicos y restaurar los efectos indeseables ocasionados sobre el estado y funcionamiento de los sistemas culturales.

Por otro lado el Instituto Tecnológico Geominero de España ha señalado la unidad hidrogeológica 07.31 (Campo de Cartagena) como una Zona Vulnerable a la contaminación química y con influencia sobre el Mar Menor, con la consiguiente preocupación medioambiental y económica. Todo ello justifica, la necesidad de optimizar las dosis de fertilizantes y fitosanitarios aplicados en la agricultura en la Comarca para minimizar el impacto medioambiental, evitando daños socio-económicos y manteniendo la productividad de los cultivos.

Nuestras experiencias en pimiento de invernadero han tratado de demostrar que una sobredosis de fertilizantes no siempre contribuye al aumento de la producción, pero sí incrementa el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas por lixiviación (Proyecto INIA SC-99-042 y RTA 04-035). Por lo tanto, queríamos confirmar en el cultivo de pimiento de invernadero del Campo de Cartagena las hipótesis que apuntan a que en aquellos casos en los que se utilicen dosis de abonado superiores a la capacidad de absorción de los cultivos o haya una falta de sincronía entre oferta y demanda (especialmente de N) el exceso será tarde o temprano lixiviado, apareciendo generalmente los efectos a largo plazo y siendo una contaminación de tipo difuso (Pratt, 1984), así como cuantificar esta lixiviación y evaluar las prácticas agrícolas que permitirían reducir las pérdidas de nitratos hacia los acuíferos.

Estos hallazgos, crean la necesidad de desarrollar programas para disminuir el desplazamiento de los agroquímicos en el perfil del suelo. La movilidad de estas moléculas está controlada por otros



procesos físico-químicos como la adsorción, volatilización, degradación, lixiviación, captación por la planta o microorganismos, etc. Estos procesos, a su vez están relacionados con las propiedades del suelo (estructura, textura, contenido en carbono orgánico, acidez, etc.) y de los agroquímicos (solubilidad, pKa, estabilidad, etc.). También las prácticas agrícolas (enmiendas orgánicas, roturación, tipo de riego, dosis de aplicación, etc.) y las condiciones ambientales (T^a , humedad irradiación, etc.) juegan un papel importante en el transporte de estas sustancias químicas hacia los acuíferos.

En cuanto a las necesidades del sector agroalimentario se apuntan como más importantes la calidad de la materia prima empleada en la elaboración de los alimentos, la trazabilidad de los alimentos que asegure la calidad y seguridad de los mismos y la conservación, seguridad y vida útil de los productos, todos ellos aspectos que se han estudiado en los proyectos de investigación que han dado lugar a esta tesis, pero que no son objeto de la misma.

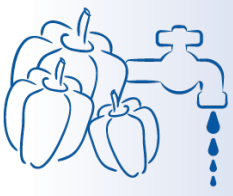
Con los estudios derivados de esta tesis, se pretende dar a conocer a los agricultores cómo una reducción a unos determinados niveles en el abonado nitrogenado no supone una reducción en la cantidad y calidad de las cosechas y si en cambio un ahorro en el consumo de fertilizantes, por lo que podrán generar mayor valor añadido, lo que contribuirá a aumentar o preservar los niveles de empleo en sus explotaciones, tan importante en los tiempos actuales. Los cosecheros-exportadores, en su mayoría Cooperativas y Sociedades Agrarias de Transformación, se beneficiarán, por tanto, de una reducción en sus costes de producción y, por su parte, el consumidor se beneficiará encontrando una mayor calidad y seguridad del producto y al mismo tiempo, con estas prácticas, se favorece el objetivo medioambiental de reducir la lixiviación de nitratos.

1.3.- PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS

Con los ensayos que han servido de base para la realización de esta tesis se ha conseguido obtener datos en condiciones reales de varios años sobre la lixiviación de nitratos en un cultivo de pimiento bajo invernadero en el Campo de Cartagena, así como del efecto que diferentes técnicas de cultivo encaminadas a la reducción de esta lixiviación tienen sobre la producción y calidad del pimiento. Este cultivo se selecciona, por ser el que más extensión ocupa en los invernaderos del Campo de Cartagena. En las últimas campañas de cultivo se comparan los tres métodos de cultivo actuales de la zona: Cultivo Ecológico (CE), Cultivo Integrado (CI) y Cultivo Convencional (CC). El fin es prevenir o minimizar la contaminación de suelos y aguas subterráneas, así como controlar la acumulación de residuos en los alimentos.

Para este trabajo se ha elegido el pimiento por ser un cultivo en el que, a nivel comercial, están establecidos los tres sistemas de cultivo estudiados: Cultivo Ecológico, Cultivo Integrado y Cultivo Convencional. Además, se trata de un cultivo de gran interés en la Región de Murcia y el que más extensión ocupa en los invernaderos del Campo de Cartagena, donde se desarrollan estos estudios. Por otro lado se ha tenido en cuenta que la agricultura intensiva es una de las principales causas de contaminación de los suelos y aguas de la Región de Murcia, ya que los fertilizantes y plaguicidas empleados en ella según diversos autores percolan por el perfil del suelo y son lixiviados, contaminando acuíferos y, en general, el medio ambiente. Sin embargo, el empleo de la fertilización mineral es necesario para mantener el rendimiento y la productividad de los cultivos en un sector tan competitivo como la agricultura. Por todo ello, es conveniente intentar conseguir un equilibrio entre la aplicación de fertilizantes y el respeto al medio ambiente.

El objetivo principal de esta tesis ha sido estudiar el efecto de los diferentes sistemas de cultivo sobre aspectos relacionados con la contaminación y la producción en el cultivo del pimiento. Los



parámetros a considerar han sido los relacionados con el desarrollo de la planta, el rendimiento, la calidad de los frutos y la lixiviación de fertilizantes a lo largo del perfil del suelo.

Los diferentes tratamientos que constituyen este estudio han sido establecidos siguiendo las normas del Consejo Regulador de la Agricultura Ecológica de la Región de Murcia (tratamiento ecológico), las recomendaciones de la Dirección General de Agricultura e Industrias Agrarias para la Producción Integrada (tratamiento integrado) y las prácticas agrícolas habituales de la zona (tratamiento convencional). El tratamiento ecológico que se ha seguido en este trabajo es una aproximación al cultivo ecológico como tal, con el fin de conseguir en las mismas condiciones de cultivo, unos resultados que se puedan comparar entre los distintos tratamientos.

El trabajo conlleva una experimentación en laboratorio y en campo con el fin de abarcar los diferentes aspectos a estudiar. Para el trabajo de campo se diseña un experimento en bloques al azar, que se repite durante varios años. Este trabajo de campo se realiza en un invernadero experimental que tiene ocho grandes lixímetros y cada uno de ellos constituye una parcela experimental. Cada tipo de cultivo (CE, CI y CC) se hace en parcelas duplicadas y está compartimentalizado para evitar la difusión de los fertilizantes. Los fertilizantes a aplicar son los comúnmente utilizados por los agricultores de la Comarca, así como las prácticas de producción integrada y lucha biológica, respetando las normas técnicas existentes.

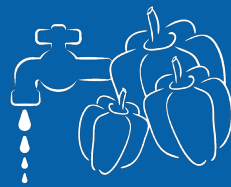
En el laboratorio se desarrolla la metodología adecuada para la determinación de estos compuestos en las diferentes matrices (suelo, agua de percolación y fruto). Se estudian los procesos físico-químicos implicados en el transporte y persistencia en el suelo. Cada año, en cada parcela se mide la cantidad de fertilizantes lixiviados en el tiempo para establecer la relación entre la dosis aplicada y lixiviada, con un exhaustivo control del agua de riego. Se realizan análisis periódicos para determinar la persistencia y evolución de los nitratos en el perfil del suelo de cada parcela. Por último, de cara al consumidor, se determina el rendimiento y la calidad de los frutos en cada sistema de cultivo empleado.

Los ensayos han aportado información básica y aplicada para conocer la repercusión que los diferentes sistemas de cultivo (CE, CI y CC) y las dosis aplicadas de fertilizantes nitrogenados de uso común en el cultivo de pimiento bajo invernadero, tienen en el suelo, las aguas subterráneas y en los frutos. Estos estudios además han permitido mejorar los métodos de laboratorio y campo empleados en este proyecto. A partir de estos conocimientos, se intenta establecer recomendaciones para minimizar su impacto y potenciar una agricultura respetuosa con el medio ambiente, que permitan desarrollar estrategias de producción dirigidas a prevenir o minimizar el impacto de estos compuestos en los sistemas de cultivo futuros, sin perjudicar la rentabilidad y calidad de los mismos.

Estos estudios tratan de dar cumplimiento a las exigencias de la Directiva sobre la Protección de las Aguas Subterráneas contra la Polución causada por Nitratos de Origen Agrario (91/676/CE) que obliga a disponer de medidas para paliar este tipo de contaminación. Todo esto en el contexto del Campo de Cartagena, calificado en diciembre de 2001 como Zona Vulnerable a la contaminación por nitratos y con influencia directa sobre la laguna del Mar Menor, declarada como humedal RAMSAR de la ONU, Zona de Especial Protección para las Aves y Lugar de Interés Comunitario.

La zona en estudio se considera idónea por las características de especial sensibilidad antes propuestas y por la elevada concentración del cultivo de pimiento bajo invernadero, en los términos municipales de Torre-Pacheco, San Javier, San Pedro del Pinatar, Pilar de la Horadada (Alicante), Cartagena y Los Alcázares.

Nuestro interés se centra, por tanto, en conocer la utilización de fertilizantes nitrogenados (tipo y dosis) en el cultivo de pimiento bajo invernadero en el Campo de Cartagena, a fin de hacer una evaluación del empleo actual de los mismos, de las causas por las que se siguen utilizando y las



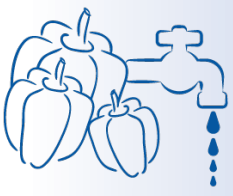
dosis que se aplican, que sirva de base para poder recomendar estrategias que reduzcan o eliminen u optimicen el empleo de estas sustancias, mejorando la sostenibilidad de la actividad agraria en esta Comarca. Se quiere sintetizar la información existente sobre el empleo de fertilizantes nitrogenados por parte de los agricultores de la zona y los motivos por los que se aplican en estas dosis en el cultivo del pimiento de invernadero. Con los conocimientos generados en varios proyectos de investigación desarrollados por el equipo, cuyo investigador principal ha sido el Dr. D. Juan Cánovas Cuenca del IMIDA, se ha estudiado en pimiento de invernadero respecto a los nitratos su química y su toxicología, su función, transporte y eliminación, así como la disponibilidad y los costos de los productos y procesos sustitutivos de las mismas.

La posibilidad de reducir los efectos nocivos del exceso de abonado nitrogenado sobre el medio ambiente en este cultivo sin afectar a la cantidad ni calidad de las cosechas se quiere materializar en una serie de recomendaciones de todas aquellas prácticas que se han identificado como protectoras del medio ambiente en el cultivo desde el año 1999: buen manejo del riego, identificación de las sustancias más contaminantes y su sustitución, lucha biológica, fertilización equilibrada, etc. Se pretende identificar en el cultivo de pimiento de invernadero las prácticas relacionadas con los ensayos objeto de la tesis perjudiciales para el medio ambiente, como pueden ser: el exceso de abonado mineral nitrogenado, el exceso de riego, aplicación del abonado fuera del periodo óptimo, dosis de riego y frecuencias inadecuadas, empleo de lucha química en vez de biológica, etc.

La necesidad de ofrecer respuestas concretas al sector supone un reto importante para nuestro equipo de investigación que no podríamos abordar sin los conocimientos previos obtenidos en los tres proyectos de investigación desarrollados en torno a la contaminación por nitratos en el cultivo de pimiento de invernadero. A su vez esta tesis supone la materialización de los resultados en cuanto a la lixiviación de nitratos y producción bajo diferentes condiciones de cultivo de los tres proyectos de investigación, proceso este último que pretende dar un sentido práctico a la investigación, teniendo en cuenta que ésta se ha desarrollado en condiciones agronómicas muy similares a la de la mayoría de los cultivos de la zona.

La importancia del conocimiento y la aplicación de procesos alternativos menos contaminantes por parte del sector del pimiento se hace patente tras la publicación de la Orden de 21 de marzo de 2011 de la Consejería de Agricultura y Agua (B.O.R.M. 28-07-11), por la que se establecen los criterios que se van a aplicar para llevar a cabo el control de la condicionalidad en los ámbitos de Medio Ambiente así como de las Buenas Condiciones Agrarias y Medioambientales, que deberán cumplir los productores que reciban ayudas directas de la PAC. Esta Orden se publica en cumplimiento de los Reglamentos (CE) nº 73/2009 del Consejo y 796/2004 de la Comisión en relación a la aplicación de la condicionalidad. En esta Orden, entre otros criterios, se establecen los relativos a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura, que amplía lo que ya existía en las Zonas Vulnerables a todos los agricultores que perciben ayudas de la UE, estableciendo la necesidad de la existencia de un Cuaderno de control de instalaciones de riego, de almacenamiento de abonos y de control del abonado nitrogenado, enmiendas y riegos y el control de las dosis aplicadas de abonos nitrogenados. Además se establecen otra serie de condiciones exigibles para conservar la materia orgánica del suelo, para evitar su compactación y mantener su estructura, para prevenir la invasión de vegetación no deseada, medidas sobre el agua de riego, etc. Uno de los objetivos de la tesis es ofrecer a los agricultores y técnicos los conocimientos obtenidos sobre la lixiviación de nitratos en el cultivo de pimiento bajo invernadero que les permita aplicarlos en las explotaciones y mantener activo el cuaderno de condicionalidad, ya de obligado cumplimiento para la mayoría de ellos.

El fin último es proteger la salud humana y el medio ambiente dando a conocer a los agentes del sector las estrategias que hemos estudiado y evaluado para la reducción o eliminación de las actividades que contaminan el medio ambiente en el cultivo de pimiento de invernadero y la optimización del empleo de inputs. Este proyecto se lleva a cabo en una parcela demostrativa de todas



estas prácticas, consistente en un invernadero donde se cultiva pimiento practicando las medidas para reducir o eliminar las emisiones, promoviendo el uso de las mejores técnicas disponibles y mejores prácticas medioambientales, tal como exige el Convenio de Estocolmo. En la parcela demostrativa donde se desarrollan los ensayos se instalan los sistemas de control evaluados hasta ahora para que los agricultores adapten los que más les convengan en su explotación: TDR para la medida de humedad en el suelo, cubeta tipo A de la FAO para el riego, tensiómetros, sondas de succión, lixímetros de drenaje, parcelas en lucha biológica, programación comprobada del abonado, empleo de fitosanitarios menos contaminantes, solarización y biofumigación, estiércol más adecuado y su aplicación, variedades adaptadas al tipo de invernadero, empleo adecuado de automatismos (fog-system, ventilación, pantalla térmica), etc.

Esta tesis, por lo tanto, pretende ensanchar el conocimiento científico-técnico sobre la lixiviación de nitratos en el cultivo de pimiento en invernadero mediante la sistematización y el análisis de los resultados de los proyectos de investigación básica y aplicada: Proyecto I.N.I.A. SC-99-042, Proyecto Regional RTA-Positivo-03-3 y Proyecto I.N.I.A. RTA-04-035. Parte de la recopilación de datos sobre esta lixiviación obtenidos experimentalmente en el Campo de Cartagena para consolidar las técnicas de cultivo fundamentadas en los datos experimentales que reducen la contaminación por nitratos en este cultivo en condiciones reales. La amplitud del periodo de estudio que abarcamos para este mismo cultivo (1999-2007) y la multiplicidad de equipos que han participado (del IMIDA, de la UPCT, del CIFEA, del LAYMA, de SYNGENTA, de KOPPERT) nos han permitido tener una visión global de todos los aspectos importantes de este cultivo: comportamiento y evolución de las variedades, nuevos automatismos, sistemas de control del riego y abonado, datos sobre riego y lixiviados de 7 años, abonos más solubles, solarización más adecuada, efecto de diversos sistemas de cultivo sobre la producción, calidad y conservación en posrecolección, la posibilidad de lucha biológica, etc. La integración lógica de estos aspectos en torno a la idea de sostenibilidad del cultivo constituye la base de la de tesis.

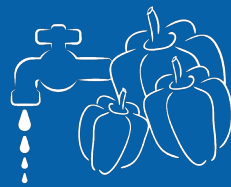
1.4.- OBJETIVOS

1.4.1.- Objetivos generales

Nuestro interés global se centra en conocer la influencia que diferentes dosis de abonado nitrogenado y prácticas agrícolas (Cultivo Ecológico (CE), Cultivo integrado (CI) y Cultivo Convencional (CC)) propias del Campo de Cartagena, tienen en la persistencia y contaminación de los nitratos así como sus efectos en la producción y la calidad de los cultivos. Por lo tanto se ha pretendido establecer una base real sobre el impacto de la agricultura de esta zona y desarrollar métodos de cultivo de pimiento de invernadero que minimicen los riesgos de contaminación por el uso de estos agroquímicos y para la salud de los consumidores, con los consiguientes beneficios económicos y sociales anteriormente expuestos.

Como contribuciones principales científico-técnicas que se plantearon antes de comenzar los ensayos de esta tesis y avances en el conocimiento, se esperaba conseguir los siguientes objetivos generales:

1. Cuantificar la lixiviación de nitratos en el suelo en el cultivo de pimiento bajo invernadero, con el fin de conocer la influencia de la dosis de aplicación y de aplicaciones repetidas bajo distintas condiciones de cultivo.
2. Profundizar en los parámetros, procesos o prácticas agrícolas que contribuyen en mayor o menor medida a la persistencia de los nitratos en el suelo y a su lixiviación.
3. Estudiar a escala de campo la influencia que distintas dosis de abonado mineral nitrogenado y los tres sistemas de cultivo empleados por los agricultores de la Comarca (cultivo ecológico, cultivo integrado y cultivo convencional) tienen en la presencia de los nitratos en el suelo y en los frutos, y en su repercusión en la contaminación de las aguas de percolación.

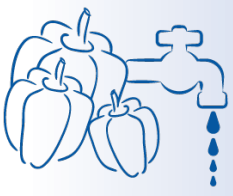


4. Confirmar en el cultivo de pimiento de invernadero del Campo de Cartagena las hipótesis que apuntan a que en aquellos casos en los que se utilicen dosis de abonado superiores a la capacidad de absorción de los cultivos o haya una falta de sincronía entre oferta y demanda (especialmente de N) el exceso será tarde o temprano lixiviado, apareciendo generalmente los efectos a largo plazo y siendo una contaminación de tipo difuso.
5. Proponer los mecanismos y técnicas de cultivo posibles que podrían ayudar a minimizar la lixiviación de nitratos en el cultivo de pimiento bajo invernadero en la Comarca, con el objetivo de demostrar que se pueden obtener rendimientos aceptables con reducciones importantes de insumos contaminantes y técnicas culturales adecuadas.
6. Materializar los resultados de los proyectos de investigación mediante la recomendación a los agricultores de la Comarca de la instalación de dispositivos en el invernadero que permitan controlar y reducir la lixiviación de nitratos sin afectar a la cantidad y calidad de las cosechas (control del riego y de la fertilización).

1.3.2.- *Objetivos específicos*

Durante el desarrollo de los ensayos se esperan conseguir los siguientes objetivos específicos:

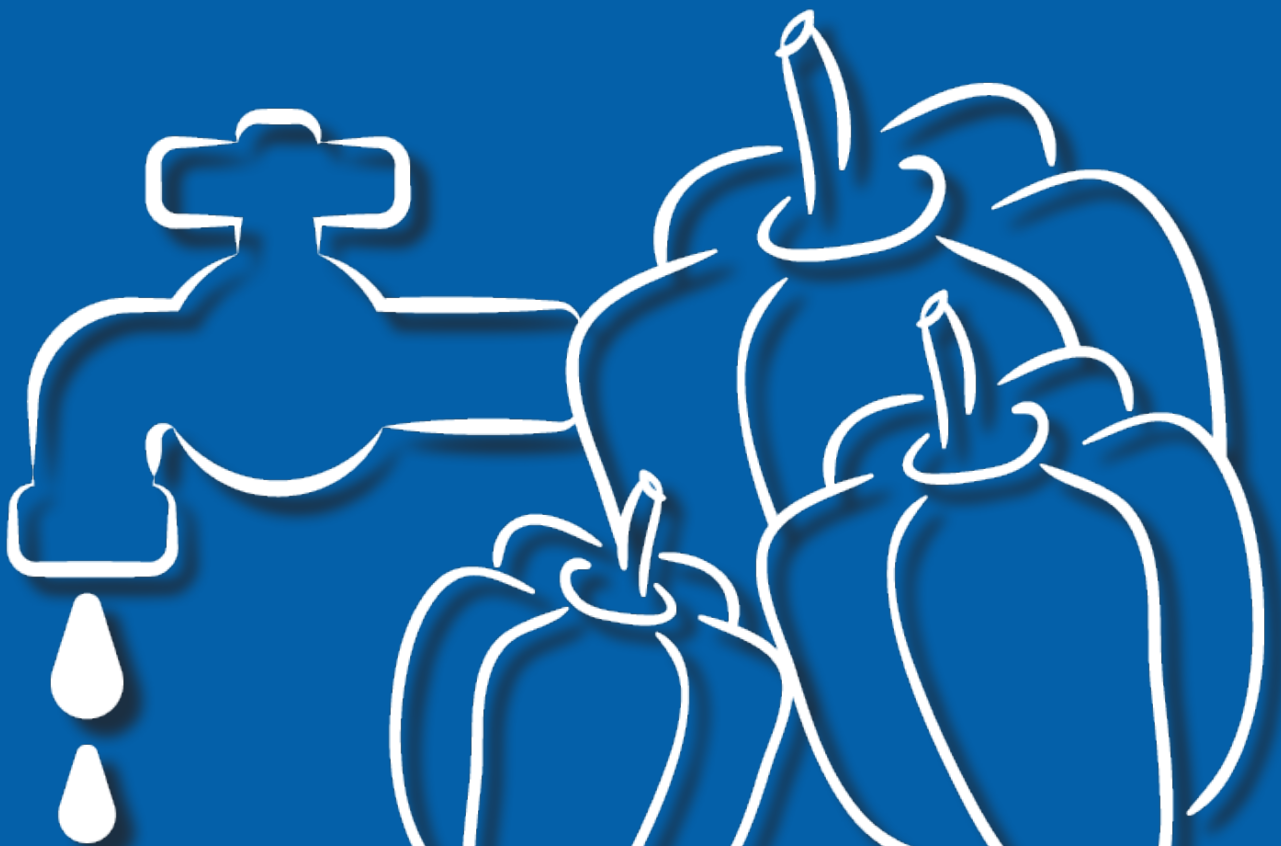
1. Caracterizar las técnicas de cultivo empleadas por los agricultores de la Comarca en el cultivo del pimiento de invernadero en el Campo de Cartagena e identificar aquellas que pueden causar problemas medioambientales.
2. Abordar la problemática que la metodología planteada tiene para el estudio de la persistencia y lixiviación de los fertilizantes a escala de campo y bajo condiciones reales de cultivo.
3. Mejorar los métodos analíticos y de toma de muestras para la extracción y determinación de nitratos de uso frecuente en la agricultura de la zona, con el fin de que sean más simples, rápidos y económicos.
4. Conocer la dinámica de los fertilizantes usados comúnmente en la producción de pimiento bajo invernadero en el Campo de Cartagena, bajo las condiciones reales de los tres sistemas de Cultivo: Ecológico (CE), Integrado (CI) y Convencional (CC), empleados actualmente.
5. Conocer las ventajas e inconvenientes que CE, CC y CI presentan con el uso de los fertilizantes para el agricultor, el medio ambiente y el consumidor.
6. Evaluar la persistencia en el suelo de los nitratos y su presencia en las aguas de percolación y las posibles vías para prevenir o minimizar su lixiviación, que sirva de base para desarrollar métodos para la reducción del uso de fertilizantes en el cultivo de pimiento de invernadero.
7. Profundizar en la relación existente entre las prácticas agrícolas y el comportamiento observado de la lixiviación de nitratos.
8. Determinar el efecto de los diferentes sistemas de cultivo sobre el rendimiento y calidad del pimiento.
9. Comparar el modelo de lixímetros de drenaje ensayado, que es el escenario bajo el cual se ha desarrollado la experimentación en campo, con las sondas de succión a diferentes profundidades con el fin de comprobar la bondad de las mismas para predecir lixiviación de los nitratos.
10. Controlar el estado nutricional de las plantas a lo largo del cultivo para los distintos sistemas de cultivo utilizados y la producción, con el objeto de dar validez práctica a los ensayos.
11. Comprobar si efectivamente, una disminución de la dosis o frecuencia de aplicación de abonado nitrogenado va a modificar el rendimiento y calidad del fruto. Esto permitirá adoptar medidas de producción más respetuosas con el medio ambiente, que no afecten a las cosechas.

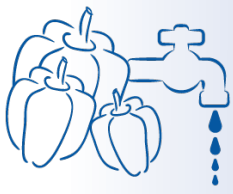


12. Establecer nuevas recomendaciones dirigidas a que el uso de estos agroquímicos sea más rentable en el ámbito de una agricultura respetuosa con el medio ambiente, el agricultor y los consumidores.
13. A la vista de los resultados determinar que prácticas agrícolas seguidas en los tres sistemas de cultivo son las que permitirían minimizar la lixiviación de fertilizantes, sin perjudicar de forma significativa la producción de pimiento.
14. Seguimiento del Código de Buenas Prácticas Agrícolas, Normas de producción integrada y lucha biológica, en pimiento bajo invernadero, a fin de conocer las deficiencias que presenta.
15. Sistematizar y analizar toda la información obtenida en una tesis que permita transferir a los agricultores, técnicos del sector y a la Comunidad científica los conocimientos obtenidos, orientando cómo se pueden conseguir producciones rentables con reducciones importantes de insumos contaminantes.

Capítulo 2

Introducción: Los nitratos y su problemática





Como se ha dicho, el objeto principal de la presente tesis es presentar los datos originales conseguidos con la investigación de estos años relacionados con la lixiviación de nitratos, apoyados por una revisión del estado de la cuestión que se refleja en esta introducción, dejando aparte cuestiones relacionadas con otros ensayos como la persistencia de plaguicidas, calidad en posrecolección, estado nutricional de los frutos, etc.

En la justificación e introducción se pretenden explicar las razones que nos llevaron a escoger el tema elegido y de qué manera se han abordado los problemas, cuáles han sido las hipótesis con las que se inició la investigación y qué problemas fundamentales se han presentado. Este ha sido el punto de partida para dar entrada a los diferentes apartados de la tesis, a las diferentes explicaciones y argumentaciones, permitiendo comprobar mediante los ensayos las hipótesis de partida. En la introducción hacemos una presentación de las distintas respuestas y aproximaciones que se han producido en relación al tema estudiado, ordenando las contribuciones y realizando una revisión sinóptica de la bibliografía, ofreciendo en definitiva un “estado de la cuestión”, además de un repaso sobre los conceptos más importantes empleados para el desarrollo de la tesis relacionados con la contaminación por nitratos y el cultivo de pimiento de invernadero.

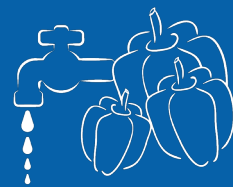
2.1.- EL NITRÓGENO COMO ELEMENTO MINERAL

2.1.1.- El ciclo del nitrógeno

La información de este capítulo ha sido obtenida en su mayor parte de la Hoja Divulgadora “La agricultura y la contaminación de las aguas por nitrato” del M.A.P.A. (Ramos *et al.*, 1993).

El nitrógeno es un elemento fundamental para el crecimiento de las plantas, ya que es un nutriente esencial que debe encontrarse en el suelo en determinadas cantidades para obtener un desarrollo óptimo de los cultivos. La mayor parte del nitrógeno en el suelo está en la materia orgánica (en forma de proteínas, biomasa y ácidos nucleicos) que está producida por residuos de animales, por la descomposición de residuos de los cultivos y raíces y por microorganismos y fauna del suelo. Una parte de este nitrógeno orgánico es fácilmente accesible a los microorganismos y es descompuesto rápidamente; una segunda parte, el humus, es estable biológica y físicamente y, por tanto, más resistente al ataque de los microorganismos, descomponiéndose con más lentitud. Una pequeña fracción del nitrógeno total es inorgánico (mineral) que es el único asimilable por las plantas; estas formas inorgánicas son nitratos, nitritos, amonio intercambiable, amonio no intercambiable que se encuentra fijado a las partículas minerales, nitrógeno molecular (gas) y óxido nitroso (gas). En órdenes de magnitud, en los 20 cm superiores de un suelo cultivado de una hectárea, se pueden encontrar entre 3 y 8 toneladas de nitrógeno orgánico y menos de 200 kilos de nitrógeno inorgánico, principalmente en forma de nitrato y amonio.

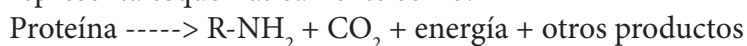
La reserva principal de nitrógeno es la atmósfera, representando el nitrógeno el 78% de los gases atmosféricos. La mayoría de los seres vivos no pueden utilizar el nitrógeno elemental de la atmósfera para elaborar aminoácidos ni otros compuestos nitrogenados, de modo que dependen del nitrógeno que existe en las sales minerales del suelo. Por lo tanto, a pesar de la abundancia de nitrógeno en la biosfera, muchas veces el factor principal que limita el crecimiento vegetal es la escasez de nitrógeno en el suelo. El proceso por el cual esta cantidad limitada de nitrógeno circula sin cesar por el mundo de los organismos vivos se conoce como ciclo del nitrógeno.



LAS TRES PRINCIPALES ETAPAS DEL CICLO DEL NITRÓGENO SON:

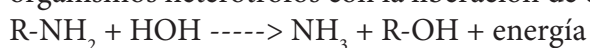
1) AMONIFICACIÓN.

Gran parte del nitrógeno del suelo proviene de la descomposición de la materia orgánica y, por lo tanto, consiste en compuestos orgánicos complejos (proteínas, aminoácidos, etc.). En el proceso de aminización cada uno de los grupos de bacterias y hongos heterótrofos son responsables de una o varias etapas de descomposición de la materia orgánica. Los productos finales resultantes de las actividades de un grupo, proporcionan el sustrato para la siguiente y así sucesivamente. Una de las etapas finales en la descomposición de los materiales nitrogenados es la aminización, que consiste en la descomposición hidrolítica de las proteínas y la liberación de aminas y aminoácidos, que se representa esquemáticamente como:



Estos compuestos suelen ser degradados a compuestos simples por los organismos que viven en el suelo (bacterias y hongos). Estos microorganismos utilizan las proteínas y aminoácidos para formar las proteínas que necesitan y liberar el exceso de nitrógeno como amoníaco (NH_3) o amonio (NH_4^+). Este proceso se denomina amonificación y a la transformación del nitrógeno orgánico en amonio (NH_4^+) mediante la acción de los microorganismos del suelo se le denomina mineralización, siendo el proceso contrario la inmovilización. En la mineralización de la materia orgánica que se añade al suelo, un factor importante a considerar es la relación carbono nitrógeno (C/N), de tal manera que cuando se añade materia orgánica al suelo con una relación C/N de 20-25 o menor, se produce una mineralización neta, mientras que si los valores de este cociente son más altos, entonces los microbios que degradan esta materia orgánica consumen más amonio que el que se produce en la descomposición y el resultado es una inmovilización neta de N. La relación C/N normal de la capa arable de los suelos agrícolas suele estar entre 10-12 (Ramos *et al.*, 1993).

En el proceso de amonificación las aminas y los aminoácidos liberados son utilizados por otros organismos heterótrofos con la liberación de compuestos amoniacales y se representa como:



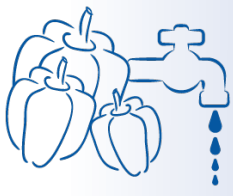
El amoníaco liberado puede ser:

- Transformado en nitritos y nitratos por el proceso de nitrificación.
- Absorbido directamente por las plantas.
- Utilizado por los organismos heterótrofos en descomposiciones de los residuos carbonados orgánicos.
- Fijado en una forma no utilizable biológicamente en las capas de ciertos tipos de arcillas.

2) NITRIFICACIÓN

Al proceso de oxidación biológica del amoníaco se le llama nitrificación. Algunas bacterias comunes en los suelos oxidan el amoníaco o el amonio, primero a nitrito y este a nitrato, denominándose este proceso la nitrificación. En ella se libera energía, que es utilizada por las bacterias como fuente energética primaria.

Un grupo de bacterias oxida el amoníaco (o amonio) a nitrito (NO_2^-). Es un proceso en dos etapas de transformación del amoníaco, primero en nitrito (el nitrito, NO_2^- , es tóxico para las plantas, pero es raro que se acumule, por ello la presencia de nitritos en el agua es un indicador muy claro de contaminación) por un grupo de bacterias heterótrofas (*Nitrosomonas* y otras) mediante la reacción química representada por la ecuación: $2 \text{NH}_4^+ + 3 \text{O}_2 \text{ ----> } 2 \text{NO}_2^- + 2 \text{H}_2\text{O} + 4\text{H}^+$, y luego en nitrato



(que es la forma en que la mayor parte del nitrógeno pasa del suelo a las raíces, NO_3^-) por el grupo de bacterias autótrofas (*Nitrobacter* y otras) mediante la reacción química representada por la ecuación: $2 \text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_3^-$.

Colectivamente se les denomina bacterias nitrificantes o nitrobacterias a las *Nitrosomonas* y a las *Nitrobacter*. Los factores que afectan al proceso de nitrificación son: el suministro del ión amonio, la población de organismos nitrificantes, el pH, la aireación, la humedad y la temperatura del suelo.

3) ASIMILACIÓN

Los conocimientos actuales del metabolismo vegetal permiten asegurar que el nitrógeno absorbido bajo la forma de nitrato no puede ser utilizado por la planta. Para que ello sea posible, es necesaria previamente su reducción hasta la forma amónica. Es entonces cuando puede incorporarse como constituyente de los diversos compuestos nitrogenados que integran su organismo. Una vez que el nitrato está dentro de la célula de la planta, se reduce de nuevo a amonio, este proceso se denomina asimilación y requiere energía. Los iones de amonio así formados se transfieren a compuestos que contienen carbono para producir aminoácidos y otras moléculas orgánicas nitrogenadas que la planta necesita.

Los compuestos nitrogenados de las plantas terrestres vuelven al suelo cuando mueren las plantas o los animales que las han consumido; así, de nuevo, vuelven a ser captados por las raíces como nitrato disuelto en el agua del suelo y se vuelven a convertir en compuestos orgánicos. Los nitratos pueden almacenarse en el humus en descomposición o desaparecer del suelo por lixiviación, siendo arrastrado a los arroyos y los lagos. Otra posibilidad es convertirse en nitrógeno mediante la desnitrificación y volver a la atmósfera.

En los sistemas naturales, el nitrógeno que se pierde por desnitrificación, lixiviación, erosión y procesos similares es reemplazado por el proceso de fijación y otras fuentes de nitrógeno. La interferencia antrópica en el ciclo del nitrógeno puede, no obstante, hacer que haya menos nitrógeno en el ciclo, o que se produzca una sobrecarga en el sistema. Por ejemplo, los cultivos intensivos, su recogida y la tala de bosques han causado un descenso del contenido de nitrógeno en el suelo, por ello algunas de las pérdidas en los terrenos agrícolas sólo pueden restituirse por medio de fertilizantes nitrogenados artificiales, que suponen un gran gasto energético. Por otra parte, la lixiviación del nitrógeno de las tierras de cultivo demasiado fertilizadas, la tala indiscriminada de bosques, los residuos animales y las aguas residuales han añadido demasiado nitrógeno a los ecosistemas acuáticos, produciendo un descenso en la calidad del agua y estimulando un crecimiento excesivo de las algas.

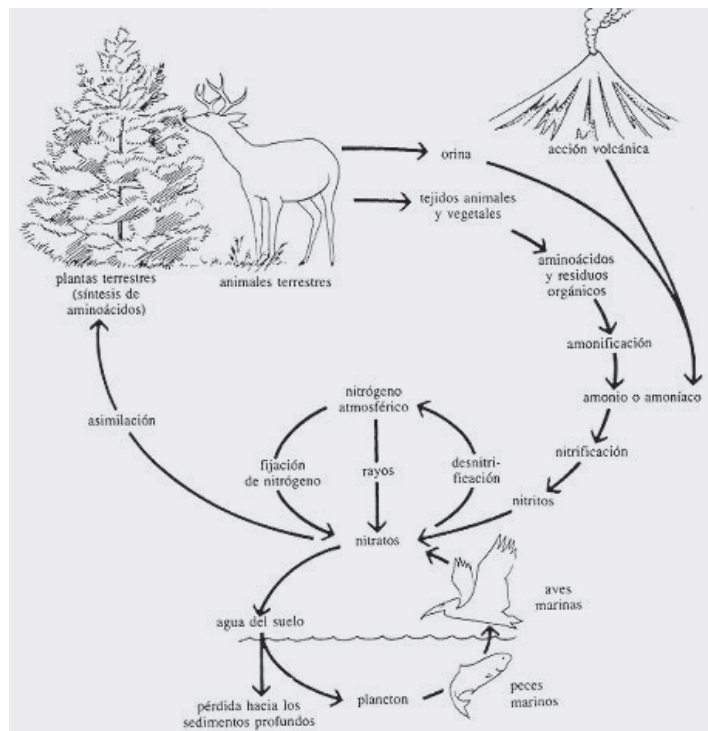
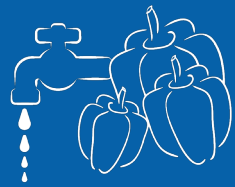


Figura 1. Ciclo del nitrógeno. (Fuente: www.educ.ar)



CICLO DEL NITROGENO EN LA NATURALEZA. BALANCE.

Muchos intentos se han hecho para establecer las ganancias y pérdidas del nitrógeno en la Naturaleza. El balance sólo puede hacerse con cierta aproximación, ya que no se tiene información suficiente para hacer estimaciones exactas.

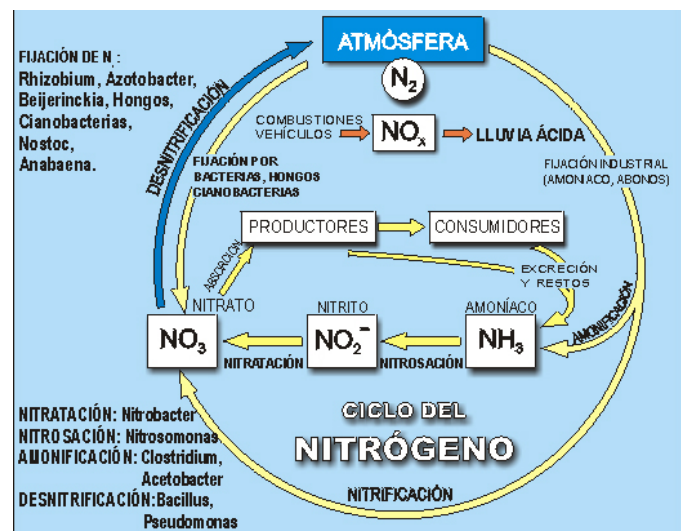
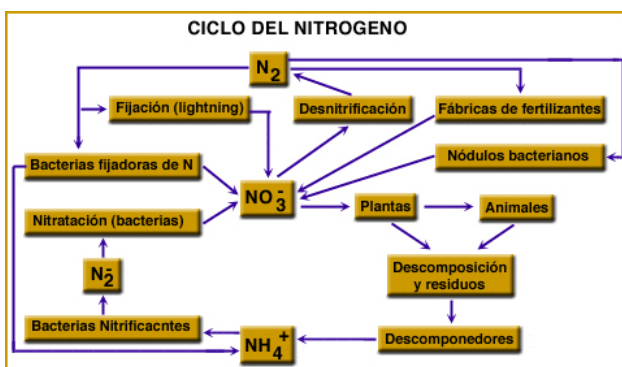
En la tabla 1 se exponen cálculos del movimiento global del nitrógeno en el suelo y en la atmósfera, según Werner (1980), tomado de (Ramos *et al.*, 1993). Los datos expuestos suponen, por tanto, que el nitrógeno está siendo introducido en la corteza terrestre en forma fijada a razón de unos 450 millones de t/año. Si la desnitrificación no interviniera, el nitrógeno fijado se acumularía poco a poco en los suelos, hasta alcanzar, transcurrido un determinado periodo de tiempo, concentraciones tóxicas.

PROCESO	GANANCIAS	PÉRDIDAS
Producción industrial	46	
Fijación biológica	100-250	
Precipitación ($\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-$)	60	
Precipitación NH_3	140	
Desnitrificación		200-300
Volatilización NH_3		165

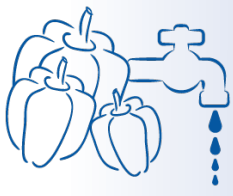
Tabla 1. Movimiento global entre el nitrógeno del suelo y el nitrógeno atmosférico, en millones de t/año (D. Werner, 1980).

Sin embargo, estas cifras, que podrían ser aceptadas hace unos años, no pueden aceptarse en la actualidad. La cantidad de nitrógeno fijado industrialmente ha ido aumentando últimamente de forma extraordinaria. Según datos proporcionados por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), en el año 1980 se consumieron, con bastante aproximación, en el mundo 62 millones de t de nitrógeno en forma de fertilizantes. Para el año 2000 suponía que este consumo podía superar los 150 millones de t, cantidad esta que se ha superado.

Por otra parte, si a este nitrógeno se le suman las cantidades fijadas por el aumento en el cultivo de leguminosas en muchas partes del mundo, puede alcanzarse pronto una situación en la que, a menos que los fertilizantes y los desechos nitrogenados se manejen con precaución, ríos y lagos se recarguen con el nitrógeno transportado por las aguas que afluyen a ellos y en estas corrientes de agua, y también en las aguas subterráneas próximas, la concentración de nitrógeno podría alcanzar niveles tóxicos. El problema también se agudiza por distribución de los desechos orgánicos de la ganadería y de una población en continuo crecimiento. Es indudable que en un próximo futuro deberán buscarse soluciones para corregir el desequilibrio que se está produciendo entre las entradas y salidas de nitrógeno en todos los continentes.



Figuras 2 y 3. Dos representaciones gráficas del ciclo del nitrógeno. (Fuente: Cesar Martínez Martine: platea.pntic.mec.es)



2.1.2.- El nitrógeno en el agua y la eutrofización

Un río, un lago o un embalse sufren eutrofización cuando sus aguas se enriquecen en nutrientes. Podría parecer a primera vista que es bueno que las aguas presenten una alta concentración de nutrientes, porque así podrían vivir más fácilmente los seres vivos; pero la situación no es tan sencilla. El problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos y cuando mueren se pudren, disminuyendo drásticamente su calidad. El proceso de putrefacción consume una gran cantidad del oxígeno disuelto y las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos. El resultado final es un ecosistema casi destruido.

Cuando un lago, embalse o mar es pobre en nutrientes (oligotrófico) tiene las aguas claras, la luz penetra bien, el crecimiento de las algas es pequeño y mantiene a pocos animales. Las plantas y animales que se encuentran son los característicos de aguas bien oxigenadas. Al ir cargándose de nutrientes el lago se convierte en eutrófico. Crecen las algas en gran cantidad con lo que el agua se enturbia. Las algas y otros organismos, cuando mueren, son descompuestos por la actividad de las bacterias con lo que se gasta el oxígeno. No pueden vivir peces que necesitan aguas ricas en oxígeno y las aguas son turbias y de poca calidad desde el punto de vista del consumo humano o de su uso para actividades deportivas. El fondo del lago se va rellenando de sedimentos y su profundidad va disminuyendo.

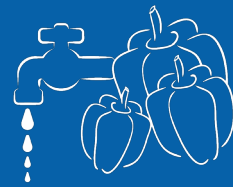
Los nutrientes que más influyen en el proceso de eutrofización de las aguas son los fosfatos y los nitratos. En algunos ecosistemas el factor limitante es el fosfato, como sucede en la mayoría de los lagos de agua dulce, pero en muchos mares el factor limitante es el nitrógeno para la mayoría de las especies de plantas. En los últimos 20 o 30 años las concentraciones de nitrógeno y fósforo en muchos mares y lagos casi se han duplicado y la mayor parte les llega por los ríos. En el caso del nitrógeno, una elevada proporción (alrededor del 30%) llega a través de



Foto 1. Aguas eutrofizadas.

la contaminación atmosférica. El nitrógeno es más móvil que el fósforo y puede ser lavado a través del suelo o ser emitido al aire por evaporación del amoníaco o por desnitrificación. El fósforo es absorbido con más facilidad por las partículas del suelo y es arrastrado por la erosión o disuelto por las aguas de escorrentía superficiales, hasta el punto que recientes estudios indican que su efecto sobre la eutrofización puede ser incluso más importante que el nitrógeno (Schindler *et al.*, 2008).

La eutrofización es un proceso que se va produciendo lentamente de forma natural en todos los lagos del mundo, porque todos van recibiendo nutrientes (eutrofización natural); pero también los vertidos humanos aceleran el proceso hasta convertirlo, muchas veces, en un grave problema de contaminación (eutrofización de origen humano). Las principales fuentes de eutrofización son los vertidos urbanos, que llevan detergentes y desechos orgánicos y los vertidos ganaderos y agrícolas, que aportan fertilizantes, desechos orgánicos y otros residuos ricos en fosfatos y nitratos.



Lo más eficaz para luchar contra este tipo de contaminación es disminuir la cantidad de fosfatos y nitratos en los vertidos, usando detergentes con baja proporción de fosfatos, empleando menor cantidad de detergentes, no abonando en exceso los campos, usando los desechos agrícolas y ganaderos como fertilizantes, en vez de verterlos, etc. En concreto:

- Tratar las aguas residuales en EDAR (estaciones depuradoras de aguas residuales) que incluyan tratamientos biológicos y químicos que eliminen el fósforo y el nitrógeno.
- Almacenar adecuadamente el estiércol que se usa en agricultura.
- Usar los fertilizantes más eficientemente.
- Cambiar las prácticas de cultivo a otras menos contaminantes. Así, por ejemplo, retrasar el arado y la preparación de los campos para el cultivo hasta la primavera y plantar los cultivos de cereal en otoño asegura tener cubiertas las tierras con vegetación durante el invierno con lo que se reduce la erosión.

Las concentraciones altas de nitratos (NO_3^-) de las aguas subterráneas en términos generales provienen de:

- Riego de suelos áridos en los que las sales de nitrato se han acumulado durante el tiempo geológico. Normalmente, esta acumulación es pequeña comparada con la acumulación de otras sales, pero podría ser suficiente como para elevar las concentraciones de NO_3^- en las aguas del subsuelo y las aguas residuales hasta niveles inaceptables.
- Altos suministros de materia orgánica a los suelos, incluyendo las operaciones de eliminación de desechos.
- El exceso de fertilización con NH_4^+ , NO_3^- y urea. En suelos bien aireados, con humedad adecuada y temperatura moderada, el NH_4^+ y la urea se convierten en NO_3^- en cuestión de semanas. La contaminación del agua del subsuelo debida al exceso de fertilización es más pronunciada cuando la lixiviación al principio de la temporada de crecimiento o al finalizar el invierno desplaza al nitrógeno debajo de la zona de la raíz de vegetales jóvenes o inactivos (Bohn *et al*, 1993).

2.1.3.- El nitrógeno en el suelo

Los datos generales sobre el nitrógeno en el suelo han sido obtenidos del libro “Química Agrícola” (Navarra y Navarro, 2000) y del libro “El suelo y los fertilizantes” (Fuentes Yagüe, 1989).

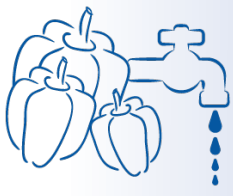
ORIGEN Y CONTENIDO DEL NITRÓGENO EN EL SUELO

Bajo condiciones naturales, el nitrógeno del suelo no proviene de la degradación de la roca madre. Todo el que normalmente se encuentra en él deriva, en última instancia, del que existe en la atmósfera terrestre a través de los distintos procesos de fijación, fundamentalmente de tipo biológico.

La transformación del nitrógeno molecular atmosférico en nitrógeno del suelo utilizable por las plantas, se realiza principalmente según dos procesos:

1º) El nitrógeno puede oxidarse y pasar a la forma de óxidos, por acción de las descargas eléctricas, y estos compuestos, a su vez, trasladados al suelo por la lluvia y depositados en él como ácido nitroso o nítrico. La magnitud de este proceso, aunque no carece de importancia, es pequeña en comparación con las cantidades de nitrógeno molecular que se convierte en orgánico en virtud del proceso.

2º) Fijación biológica, es decir, por medio del conjunto de reacciones gracias a las cuales los organismos vivos integran el nitrógeno molecular en sus estructuras como componente de



diversos compuestos. Ciertos microorganismos que viven libremente en el suelo, y otros que viven simbióticamente con determinadas plantas (principalmente leguminosas), son capaces de realizar esta incorporación; ambos grupos son los principales responsables de que se mantenga a un cierto nivel el nitrógeno contenido en el suelo.

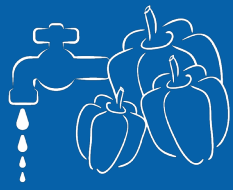
La mayor parte del nitrógeno presente en los suelos minerales se encuentra, por tanto, formando parte de la materia orgánica que en el suelo se deposita a la muerte de los citados microorganismos y de las plantas que de ellos se benefician. En esta forma, el nitrógeno no es aprovechable por la planta. Sin embargo, este nitrógeno puede ser transformado y liberado bajo la forma de compuestos más sencillos, mediante un conjunto de procesos fundamentalmente de tipo bioquímico. Todos los suelos contienen en su seno una pequeña cantidad de nitrógeno en forma de compuestos relativamente simples, como aminoácidos, sales amónicas y nitratos. De estos compuestos, especialmente las sales amónicas y nitratos es de donde las plantas obtienen su nitrógeno.

En los suelos cultivados, el nitrógeno puede aparecer también por la adición que el hombre realiza de fertilizantes nitrogenados obtenidos sintéticamente a partir del nitrógeno atmosférico o mediante la adición, también de residuos orgánicos de diversa procedencia. Estos hechos explican el por qué el nitrógeno total presente en los suelos cultivados puede variar entre límites bastante amplios, entre 0'01 y 0'5% y a veces más, aunque lo más frecuente es que oscile alrededor del 0'1%. En general, puede decirse que la mayoría de los suelos cultivados no son suficientemente ricos en nitrógeno (Fuentes Yagüe, 1989). Los suelos ricos son una excepción, salvo donde hay una acumulación de materia orgánica por falta de mineralización.

El nitrógeno varía más en cantidad en el suelo que los otros elementos esenciales para el desarrollo vegetal, también absorbidos del suelo. En los suelos cultivados considerados en su conjunto, dentro de los límites de una zona climática o dentro de los confines de una finca y, frecuentemente incluso, dentro de una pequeña parcela, el contenido en nitrógeno varía según las condiciones de drenaje, topografía y textura del suelo. Suelos con un drenaje insuficiente presentan corrientemente altas cifras de humedad y poca aireación; en estos casos, y frente a sus equivalentes con un mayor drenaje, suelen hallarse en ellos un mayor contenido de materia orgánica y nitrógeno. En cambio, los suelos arenosos contienen por lo general menos materia orgánica y nitrógeno que los de textura fina, lo que hay que atribuir a la menor humedad y a la más rápida oxidación que se produce en los suelos de textura gruesa.

Repetidamente, también se ha comprobado que en suelos con una textura, topografía y drenaje similares, el contenido en nitrógeno varía frecuentemente con las prácticas de cultivo. Por ejemplo, en la Estación Experimental de Missouri se observó que el contenido de nitrógeno existente en los 18 cm superficiales del suelo en que se había cultivado trigo continuamente, por espacio de 50 años, era de 1.978 kg/ha, y que el de un suelo similar cultivado con una rotación de maíz, avena, trigo y trébol, durante el mismo periodo de tiempo, era de 2.166 kg/ha y en ninguno de los casos se aplicaron fertilizantes (Fuentes Yagüe, 1989).

Las condiciones climáticas influyen notablemente sobre el contenido de nitrógeno en los suelos. En este sentido, los resultados de diversas experiencias han puesto de manifiesto que un aumento de la temperatura hace disminuir el contenido de nitrógeno, bajo condiciones análogas de humedad, ya que al aumentar la velocidad de mineralización de la materia orgánica presente en el suelo aparece una mayor proporción de compuestos nitrogenados simples solubles, los cuales, en parte, pueden



perderse por lixiviación. El valor absoluto de este descenso depende, como es lógico, de la intensidad de los restantes factores del medio, especialmente la lluvia y vegetación. Pero dentro de zonas en las que estas condiciones sean semejantes, el promedio de materia orgánica y nitrógeno tiende a aumentar dos o tres veces por cada 10°C de disminución de temperatura. También se ha comprobado que al aumentar la humedad por efecto de las precipitaciones o riegos, permaneciendo constante la temperatura, el nitrógeno aumenta. La explicación de este hecho está no sólo en la reducción de la actividad microbiana, sino también en la aparición de una mayor vegetación en estas condiciones.

DINAMICA DEL NITRÓGENO EN EL SUELO. PROCESOS GENERALES.

En todos los suelos, y de forma continua, existen considerables entradas y salidas de nitrógeno, acompañadas de muchas transformaciones complejas. Algunos de estos cambios pueden controlarse más o menos por el hombre, mientras otros están más allá de su control. El conjunto de todos estos procesos constituye una parte importante del ciclo general del nitrógeno en la Naturaleza. El nitrógeno presente en suelos cultivables procede de materiales diversos: restos de cultivos, abonos verdes, estiércol, fertilizantes comerciales y nitratos aportados por lluvias, así como por la fijación del nitrógeno atmosférico realizada por ciertos microorganismos.

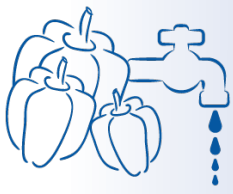
Gran parte del nitrógeno así incorporado al suelo sufre grandes transformaciones antes de ser utilizado por los vegetales superiores. Las proteínas son degradadas, originando productos de descomposición más sencillos y, finalmente, parte del nitrógeno aparece en forma de nitrato. Las pérdidas se deben a la absorción del cultivo, a la erosión, lixiviación y a su volatilización en condición gaseosa, tanto en forma elemental como en forma de óxidos o de amoníaco.

El proceso de asimilación del nitrógeno por parte de las plantas supone la transformación del nitrógeno inorgánico en orgánico. Para su desarrollo, las plantas absorben el nitrógeno inorgánico del suelo (amonio y nitratos) que rodea a las raíces. La mayor parte del nitrógeno que absorben las plantas es en forma de nitratos, aunque también absorben amonio si existe en el medio, y con preferencia al nitrato al tratarse de una forma reducida del nitrógeno, pero realmente se encuentra disponible en pequeñas cantidades ya que rápidamente es fijado y adsorbido. En suelos con baja aireación la forma disponible es principalmente el amonio ya que la nitrificación está limitada, y además el nitrato que es añadido sufre procesos de desnitrificación rápidamente. El grado de absorción del nitrato está controlado por la humedad, por la concentración del ión en la solución del suelo y por el metabolismo de las plantas.

La dinámica del nitrógeno en el suelo está, pues, altamente influenciada por tres grandes procesos, cada uno de los cuales depende, a su vez, de un conjunto de secuencias íntimamente ligadas entre sí. La distribución de estos procesos puede resumirse en la forma siguiente, según Navarra y Navarro (2000):

1) GANANCIAS O ADICIONES DE NITRÓGENO POR EL SUELO.

- Fijación del nitrógeno atmosférico por microorganismos que viven libremente en el suelo.
- Fijación del nitrógeno atmosférico por *Rhizobium* u otras bacterias simbióticas.
- Arrastre del nitrógeno fijado en las capas altas de la atmósfera en forma de amonio, nitrato y óxidos de nitrógeno, por las aguas de lluvia y nieve.
- Aportaciones de nitrógeno por el enterrado de plantas verdes.
- Aportación de nitrógeno mediante el agua de riego.
- Deyecciones y excrementos de animales que, junto con el estiércol aportado a la tierra como



abono, constituyen una fuente importante de nitrógeno.

- Fertilizantes minerales que son sin duda la principal fuente de nitrógeno de los suelos cultivables en países desarrollados y dedicados a la agricultura intensiva.

2) TRANSFORMACIONES DEL NITRÓGENO EN EL SUELO O RESERVAS.

- Aminificación, o degradación bioquímica de las proteínas y otros compuestos complejos nitrogenados en aminoácidos y aminas.

- Mineralización o amonificación, que es la transformación del nitrógeno orgánico por la bioquímica de los aminoácidos y aminas en amonio (NH_4^+), mediante la acción de los microorganismos del suelo.

- La inmovilización es el proceso contrario y consiste en la transformación del amonio en formas orgánicas. El balance final de estos dos procesos se denomina mineralización neta, que depende de muchos factores, como el contenido en materia orgánica, la humedad y la temperatura del suelo.

- Nitrificación, u oxidación bioquímica del amoniaco a ácido nítrico. Es el proceso por el que el amonio (NH_4^+) se transforma, primero en nitrito (NO_2^-) y luego, en nitrato (NO_3^-) mediante la acción de bacterias aerobias del suelo.

- Síntesis proteicas de los microorganismos del suelo, a partir de los compuestos que se originan en el transcurso de los anteriores procesos.

3) PÉRDIDAS DE NITRÓGENO EN EL SUELO.

- Desnitrificación, o reducción bioquímica de los nitratos bajo condiciones anaeróbicas. Es la conversión del nitrato en nitrógeno gaseoso (N_2) o en óxidos de nitrógeno, también gaseosos, que pasan a la atmósfera, debido a la acción de ciertos microorganismos

- Reacciones químicas de los nitritos bajo condiciones aeróbicas.

- Pérdidas por volatilización del amoniaco, principalmente en suelos alcalinos, cálidos y húmedos. La volatilización es la pérdida de nitrógeno en forma de amoniaco gaseoso desde el suelo a la atmósfera. Se produce porque el amonio (NH_4^+) del suelo se transforma en amoniaco (NH_3) en condiciones de pH alcalino.

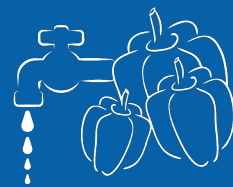
- Lixiviación o lavado del nitrato, que es el arrastre del mismo por el agua del suelo que percola debajo de la zona radicular. Es el proceso que produce la contaminación de las aguas subterráneas por nitratos, ya que, en general, una vez que éstos dejan de estar al alcance de las raíces, continúan su movimiento descendente hacia los acuíferos sin apenas ninguna transformación química o biológica.

- Extracción de cultivos por asimilación de los nitratos por las plantas superiores y alimentación animal.

- Fijación del amonio por las arcillas con entramado en expansión y en suelos con alto contenido en materia orgánica.

FORMAS DE NITRÓGENO EN EL SUELO

El ion nitrato es la forma termodinámica estable del nitrógeno combinado en los sistemas acuosos y terrestres oxigenados, de forma que hay una tendencia de todos los materiales nitrogenados a ser convertidos a nitratos en estos medios. Todos los compuestos del nitrato son altamente solubles en agua y cualquiera de ellos que se forme en este proceso, se encontrará en solución. Los minerales que contienen nitratos son muy raros, son los salitres (nitrato de sodio y nitrato de potasio) como los del yacimiento de nitrato de sodio en Chile (Pacheco *et al.*, 2003).



Introducción: Los nitratos y su problemática

El nitrógeno que se encuentra en el suelo se denomina orgánico e inorgánico, siendo la mayor cantidad del nitrógeno parte integrante de materiales orgánicos complejos del suelo, incluyendo las formas inorgánicas del nitrógeno del suelo: NO_3^- , NO_2^- , N_2O , NO y nitrógeno elemental. Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo los más importantes son: NH_4^+ , NO_3^- y NO_2^- , en cambio el óxido nitroso y el óxido nítrico son las formas del nitrógeno que se pierden en el proceso de desnitrificación. Las formas orgánicas del nitrógeno del suelo son aminoácidos, proteínas, glúcidos y otras formas complejas que se producen en la reacción del amonio con la lignina y de la polimerización de quinonas y compuestos nitrogenados, así como de la condensación de azúcares y aminas. Otro grupo muy estable de aminoácidos y proteínas se encuentran en combinación con arcillas, lignina y otros minerales.

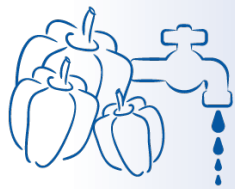
Hay una parte de materia orgánica en el suelo como los residuos frescos de las cosechas que se transforma mediante una serie de reacciones de descomposición, una de manera más o menos rápida y otra que es relativamente estable, que no se descompone rápidamente que se denomina humus. La cantidad de humus depende de la proporción del carbono respecto del nitrógeno (C/N). La relación C/N de la materia orgánica estable es aproximadamente de 10/1. El nitrógeno es necesario para la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos heterótrofos del suelo y si el material orgánico que se descompone tiene poco nitrógeno en relación al carbono presente, los microorganismos utilizan el amonio o nitratos presentes en el terreno. Este nitrógeno permite el rápido crecimiento de los microorganismos que proporcionan material con carbono al suelo.

El cultivo continuado con el uso adecuado de fertilizantes, junto con el retorno de residuos de la cosecha puede mantener o incluso aumentar el nivel de materia orgánica. En un suelo es importante el contenido de materia orgánica porque mantiene una buena estructura en los suelos de textura fina y aumenta la capacidad de intercambio catiónico, con lo cual se reduce la pérdida por filtración de elementos como el potasio, el calcio y el magnesio. Además sirve como reservorio para el nitrógeno del suelo y mantiene la humedad.

De las distintas formas de nitrógeno en el suelo, solamente los nitratos son lavados y arrastrados fuera de los horizontes de raíces en cantidades importantes por el agua de percolación. El NH_4^+ es fijado como catión de cambio sobre el complejo arcillo-húmico y, si se exceptúan los suelos arenosos, solamente son desplazados por soluciones salinas. El ión NO_3^- se mantiene, sin embargo en la solución del suelo pues no es fijado por el complejo adsorbente y, además, todos los nitratos simples son muy solubles. La solución del suelo experimenta movimientos descendentes con el agua de lluvia o de riego, y si hay aporte de agua suficiente, los NO_3^- de la solución pueden ser desplazados fuera del alcance de las raíces y arrastrados hasta acuíferos subterráneos (Wild y Jones, 1992).

FUENTE	DESCRIPCIÓN	APORTACIÓN
Deposición aérea	Agua de lluvia o por deposición seca	Hasta 20 kg/ha año de N inorgánico (amonio y nitrato)
Fijación biológica	Incorporación del nitrógeno gaseoso de la atmósfera a las plantas gracias a algunos microorganismos del suelo	En suelos cultivados, entre 10 y 40 kg N/ha año. Bacterias simbióticas asociadas a cultivos leguminosos. La cifra puede subir hasta 500 kg N/ha año
Estiércoles	Contienen normalmente nitrógeno inorgánico hasta el 50% del total	Transformarse gradualmente en nitrato después de ser aplicado en el suelo.
Fertilizantes	Los fertilizantes nitrogenados sintéticos contienen nitrógeno, al menos en algunas de estas formas: nitrato y amonio (inorgánico) y urea (orgánico)	Según dosis aportada y riqueza del fertilizante.

Tabla 2. Fuentes de nitrógeno en el suelo (elaboración propia).



2.1.4.- El nitrógeno en la planta

Los datos generales sobre el nitrógeno en la planta han sido obtenidos del libro “Química Agrícola” (Navarra y Navarro, 2000).

El nitrógeno es un elemento esencial para todos los seres vivos. Además de ser un componente específico de las proteínas, está presente en la mayor parte de las combinaciones orgánicas de las plantas y es totalmente volátil por calcinación. En la segunda mitad del siglo XVII se admitía, como resultado de las experiencias realizadas por J.R. Glauber (1650) y por J. Mayow (1670), que las plantas requerían nitratos para su crecimiento, y que estos compuestos debían considerarse como el “principio de la vegetación”. La demostración definitiva de la esencialidad del nitrógeno fue establecida a partir de 1847 por J.B. Lawes y J.H. Gilbert, fundadores de la Estación Experimental de Rothamsted.

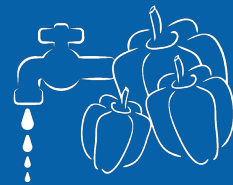
En el momento actual está suficientemente demostrado que el nitrógeno es el factor limitante más común del crecimiento de las plantas (después del agua), y que un deficiente suministro puede provocar notables descensos en la producción vegetal. En un estudio de pimiento de invernadero realizado por el Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario se comprobó como la aplicación deficiente de nitrógeno dio lugar a porcentajes de abscisión floral significativamente superiores y al final de peso seco de producto, poniendo de manifiesto la importancia del ratio C/N en el desarrollo del pimiento (Anza *et al.*, 2007).

Si se exceptúa el caso de las leguminosas y de algunos otros organismos vegetales muy concretos, capaces de fijar el nitrógeno molecular atmosférico por vía simbiótica microbiana, y las pequeñas cantidades de amoníaco gaseoso que las partes aéreas de las plantas pueden fijar de la atmósfera en determinados momentos, es en el suelo donde la mayor parte de las plantas cultivadas encuentran el nitrógeno que les es necesario.

INTEGRACIÓN EN LA PLANTA. ABSORCIÓN.

La forma de asimilación del nitrógeno (nitrato o amoniacal) depende en gran manera de la edad de la planta y de la especie; y también del pH del suelo, de su composición, e incluso de la pluviometría anual. Por ejemplo, la remolacha manifiesta una marcada preferencia por el nitrógeno nítrico, explicable porque los suelos más apropiados para este cultivo tienen un $\text{pH} = 7-7,5$; que corresponde al valor óptimo de nitrificación, mientras que el maíz y la cebada se desarrollan de forma satisfactoria en suelos sin nitratos, utilizando sólo nitrógeno amoniacal.

En los suelos ácidos, normalmente sometidos a lluvias continuas, y donde se inhibe notablemente la nitrificación, ciertas plantas como el arroz, las patatas, etc. pueden adaptarse a una asimilación amoniacal, sin embargo, en la mayoría de los suelos cultivados, las plantas superiores absorben el nitrógeno del suelo fundamentalmente en forma de nitrato. Esta preferencia es comprensible si se tiene en cuenta, aparte de la reacción, el poder adsorbente del suelo. Los coloides pueden fijar ampliamente los iones amonio, mientras los nitratos conservan una completa movilidad. Esto trae como consecuencia una menor utilización del nitrógeno amoniacal y una mayor posibilidad de absorción del nitrógeno nítrico, salvo, como es lógico, en suelos muy húmedos, en los que suele haber pérdidas importantes de nitratos por lixiviación. Por otra parte, hay que tener en cuenta que en los suelos de cultivo, los iones amonio añadidos se oxidan rápidamente a nitratos y, por tanto, siempre será ésta la forma presente en mayor proporción en la disolución del suelo.



FUNCIONES DEL NITRÓGENO EN LA PLANTA.

Las grandes funciones del nitrógeno en la planta hay que considerarlas en base a su participación como constituyente de un gran número de compuestos orgánicos que son esenciales en su metabolismo. Además de formar parte, de la estructura de todas las proteínas y de moléculas tan importantes como las purinas y las pirimidinas, es componente de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), básicos para la síntesis proteica. El nitrógeno se encuentra también como constituyente de las clorofilas, indispensables para la fotosíntesis y respiración, y en varias coenzimas, como los nicotinamida-adenin-dinucleótidos (NAD y NADP).

ALTERACIONES POR DEFICIENCIA Y EXCESO.

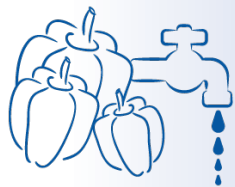
Al estar involucrado el nitrógeno en tantos procesos vitales, no es de extrañar que su deficiencia afecte grandemente el crecimiento de la planta. Una insuficiente nutrición en nitrógeno se manifiesta, en primer lugar, por una vegetación raquítica. La planta se debilita, se desarrolla poco, las hojas permanecen pequeñas, adquieren una notable rigidez y toman un color verde amarillento, el peciolo se acorta y las nerviaciones son más pronunciadas, ya que el desarrollo de las partes suculentas se retrasa. En los casos de grave deficiencia, las hojas adquieren una coloración anaranjada, púrpura o violácea en los bordes, y la floración es muy escasa. Debido a que el elemento es muy móvil en las plantas, la deficiencia se acusa primero en las hojas más viejas, ya que hay un desplazamiento hacia las más jóvenes.

La vegetación deficiente de nitrógeno viene acompañada de una maduración acelerada del fruto y de una disminución del rendimiento. Esto ocurre más frecuentemente cuando no se administran cantidades adecuadas de otros elementos nutritivos. En algunas especies de frutales, la superficie foliar disminuye notablemente, las yemas tardan en abrir, los brotes jóvenes no crecen y los frutos son pequeños y ácidos, aunque más coloreados. En los agrios, los frutos suelen presentar un contenido mayor de fósforo, debido al parecer a que en condiciones de deficiencia de nitrógeno, el fósforo tiende a acumularse.

La forma más corriente de remediar una deficiencia de nitrógeno es por aplicación de nitratos que penetran rápidamente en la zona radicular de la planta, con tal de que haya suficiente humedad del suelo. La urea es un fertilizante nitrogenado muy adecuado para aplicarlo rápidamente por pulverización foliar. Generalmente, el efecto inicial del nitrógeno de la urea aplicado por vía foliar es más rápido, mayor y de más corta duración que los tratamientos comparables de nitrógeno por el suelo.

La deficiencia de nitrógeno, sin embargo, es poco probable que se presente en los suelos cultivados. El agricultor, sabedor de la importancia del nitrógeno, suele emplear ampliamente los fertilizantes nitrogenados, llegando incluso a abusar de los mismos con el deseo de forzar la producción sin reparar en la calidad. Muchas veces, esos aumentos no se ven correspondidos por incrementos económicos de cosecha, pero a veces no se reflexiona sobre esto, dando más importancia a la buena respuesta de las plantas a estos fertilizantes que a inconvenientes de su exceso.

La abundancia nitrogenada en la planta presenta signos contrarios a la deficiencia. Cantidades excesivas originan plantas muy suculentas, con pocas partes leñosas, disminución muy marcada en el desarrollo de las raíces y con un amplio desarrollo vegetal aéreo. Las hojas toman un color verde muy oscuro y la maduración se retrasa. En muchos cereales alarga el periodo de crecimiento, lo que trae consigo un mayor contenido en paja en relación al grano y en muchos cultivos la calidad desciende



notablemente y en los agrios, el exceso de nitrógeno produce fruto con piel gruesa, bajo porcentaje de jugo y poco contenido en vitamina C (Navarra y Navarro, 2000).

Elevadas dosis de nitrógeno pueden originar, incluso, otras deficiencias que no aparecerían caso de emplearse el nitrógeno a dosis normales. El crecimiento vigoroso que resulta de aplicar con exceso el nitrógeno, provoca también la rápida utilización de otros elementos, que si no se encuentran en cantidades suficientes en forma asimilable, pueden ocasionar deficiencias, como la de cobre, por ejemplo. En este y otros casos, parece aconsejable el suplementar con oligoelementos, e incluso con magnesio, la fertilización de los árboles, al objeto de que queden mejor satisfechas las necesidades de estos elementos. Con ello se puede evitar el desequilibrio fisiológico que ocasiona la rápida asimilación del nitrógeno y el subsiguiente crecimiento vigoroso de la planta.

También es digno de señalar que una abundancia nitrogenada de la planta puede dar lugar a una mayor sensibilidad a las enfermedades y a las condiciones climatológicas, como sequías y heladas. Al quedar los tejidos durante largo tiempo verdes y tiernos, es más fácil la penetración de esporas germinadas que, una vez en su interior, encuentran en los jugos ricos en nitrógeno una alimentación muy apropiada para su desarrollo.

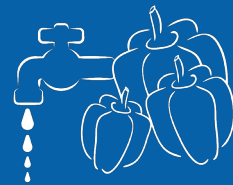
2.2.- EL USO DEL NITRÓGENO EN LA AGRICULTURA

2.2.1.- Las aportaciones de nitrógeno en la agricultura

Los datos generales sobre las aportaciones de nitrógeno en la agricultura han sido obtenidos del libro “Pérdidas de nitrato en el drenaje de zonas regables y su impacto ambiental” (Dirección General de Desarrollo Rural, 2007).

La expansión de la agricultura de regadío y el uso de fertilizantes agroquímicos durante la segunda mitad del siglo XX ha contribuido en buena parte a satisfacer las necesidades alimenticias de la creciente población mundial. Mientras en el Tercer Mundo sigue siendo prioritario satisfacer las necesidades más básicas, a la agricultura de los países más desarrollados se le exige ir más lejos, ya que además de asegurar la adecuada satisfacción de la producción demandada, debe preservar el buen estado ecológico de los ecosistemas acuáticos y proteger la calidad de los recursos hídricos. Durante los últimos años, diversas directivas abogan por la consecución y mantenimiento del buen estado ecológico de las masas de agua en países, que como España, pertenecen a la Unión Europea.

En particular, se han redactado directivas europeas que pretenden proteger directamente a las aguas de la contaminación por nitratos de origen agrario, lo que a nivel nacional y regional se ha traducido en la declaración de zonas vulnerables, establecimiento de códigos de buenas prácticas agrarias y medidas de obligado cumplimiento. No obstante, existe un vacío legal que impide gestionar correctamente el agua en los regadíos y minimizar el impacto ambiental sobre los ecosistemas acuáticos receptores de sus flujos de retorno. Así pues, la legislación europea actual tan solo hace referencia a niveles de contaminación basados en la concentración de contaminantes en las aguas y no en la masa exportada a través del drenaje en función de la sensibilidad del sistema hídrico receptor, que es verdaderamente el parámetro que se debe controlar para minimizar las afecciones medioambientales negativas hacia los ecosistemas acuáticos que se desee proteger. Este vacío legal esta



justificado, en parte, por la particularidad que entraña el carácter difuso de la contaminación inducida por el regadío y por tanto, por su dificultad para cuantificarla y atribuirla a un determinado territorio. Igualmente el desconocimiento del funcionamiento hidrogeológico de los ecosistemas acuáticos y de su vulnerabilidad asociada a la recepción de retornos de riego imposibilita la correcta protección de los mismos.

Decidir si un regadío contamina excesivamente no es una tarea fácil; en cualquier caso, el sector agrario debería ser tratado igual que otras actividades. Por ejemplo, en un taller mecánico los contaminantes deben ensuciar lo mínimo posible la calle pero es inevitable que haya algo de grasa en el interior del taller y por tanto se le permite un cierto grado de contaminación “interna” y un mínimo de contaminación “externa” ya que cualquier actividad contamina y evitarlo en su totalidad implicaría el cese de dicha actividad. Una de las claves para compatibilizar la agricultura de regadío con la sostenibilidad medioambiental se basa en la correcta ordenación del territorio definiendo claramente que áreas son “internas” y por tanto consideradas parte del sistema agrario donde se asuma un cierto grado de contaminación, y que áreas se deben considerar como “externas” y por tanto donde se exija un impacto ambiental mínimo. Continuando con el ejemplo, parece lógico pensar que los desagües y colectores se consideren como parte interna del sistema de regadío y se permita ciertos niveles de contaminación agraria, mientras que el río sería el ecosistema donde obligatoriamente el impacto ambiental debe ser mínimo.

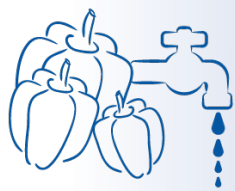
En este sentido, en los últimos años diversos autores han propuesto la definición de un Índice de Contaminación por Nitratos que tenga en cuenta estos factores. El seguimiento de cuencas hidrológicas de regadío puede aportar los datos necesarios para su definición y actualmente se está estudiando una propuesta basada en la corrección de la masa unitaria de nitrato exportada por la pluviometría de la zona y las necesidades de fertilización nitrogenada de los cultivos implantados de forma que es más permisivo para zonas o años más lluviosos y con cultivos de mayores necesidades de fertilización.

El Índice de Contaminación por Nitratos (ICN; 1/m) que se está estudiando actualmente se calcula como la masa de nitrato exportada (N ; kg $N\text{-NO}_3$ /ha regada) dividida por la precipitación (P ; m) y por las necesidades de fertilización de cada regadío (NF ; kg N /ha regada) $ICN = N/P NF$.

La sociedad está ejerciendo cada vez una mayor presión hacia el regadío para que minimice la problemática medioambiental que en relación al uso del agua y fertilizantes nitrogenados pueda generar. El interés que el sector agrario muestre hacia dicha problemática no debe estar condicionado únicamente por la presión social sino principalmente por los beneficios que supondría para su explotación el manejo adecuado de la fertilización nitrogenada en combinación con el uso apropiado del riego.

La recepción de los retornos de riego por los ecosistemas acuáticos (ríos, acuíferos y humedales) altera la dinámica y calidad de sus aguas con las consecuencias que ello pueda suponer. Hasta la fecha, la implantación de nuevos regadíos y la gestión de los regadíos ya consolidados se están realizando sin estudios que permitan identificar problemas agro-ambientales en tiempo real y poner en marcha las consiguientes medidas correctoras.

El carácter difuso de la contaminación agraria dificulta su cuantificación y asignación a un determinado territorio. Mediante el seguimiento de cuencas hidrológicas se obtienen datos de la



cantidad de agua y nitrato exportados a través del drenaje que son asignados a un territorio concreto. Estos datos pueden ser analizados en función de las características climáticas, geológicas y agronómicas de la cuenca estudiada estableciéndose diagnósticos que cuantifican y explican la problemática agro-ambiental. Además, el seguimiento de cuencas hidrológicas es una metodología que no solo permite cuantificar y diagnosticar la problemática agro-ambiental de regadíos sino que también permite proponer medidas correctoras y evaluarlas una vez puestas en marcha mediante nuevos seguimientos de la cuenca.

El manejo eficiente del N en los sistemas agrícolas representa un desafío para mantener el ritmo de crecimiento de la productividad asegurando la sostenibilidad del medio ambiente. La lixiviación de NO_3^- es un fenómeno físico que se ve favorecido por la baja energía implicada en su adsorción a las partículas del suelo y por su alta solubilidad en agua. Esto implica una alta susceptibilidad a la contaminación de mantos acuíferos profundos y el aumento progresivo de la concentración de NO_3^- en aguas superficiales. La contaminación de las aguas con NO_3^- desde la agricultura, producto de su aplicación excesiva, es un problema mundial ampliamente documentado, que ha requerido la creación de legislación específica, por ejemplo en la UE-27 (Soto *et al.*, 2011).

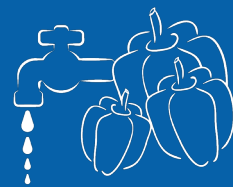
La lixiviación de nitratos ocurre bajo un aporte en exceso de agua y de N, por tanto, para enfrentar la problemática de NO_3^- el manejo debe enfocarse en estos dos aspectos. La aplicación optimizada de N requiere de una aplicación fraccionada según los requerimientos del cultivo en las distintas etapas de desarrollo. Además, se debe considerar la disponibilidad de N mineral residual en el suelo, el N mineralizado desde la materia orgánica del suelo, el N del estiércol animal aplicado y de residuos de los cultivos (Soto *et al.*, 2011).

El balance de nitrógeno, realizado por el Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación en el año 2005, da las siguientes aportaciones medias por hectárea para los cultivos más importantes:

CULTIVO O CUBIERTA	N APORTADO KG/HA SECANO	N APORTADO KG/HA REGADÍO
Cereales grano	68	174
Leguminosas grano	17	37
Cultivos industriales	14	148
Forrajas	23	16
Hortalizas y flores	23	138
Frutales cítricos	---	266
Frutales no cítricos	13	113
Viñedo	22	82
Olivar	37	84
Prados	18	24

Tabla 3. Aportaciones medias por ha de nitrógeno para los cultivos más importantes (M.A.P.A., 2005).

En la agricultura actual es muy común el empleo de grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados para abastecer a los cultivos. En muchos casos, gran parte de esta cantidad no es aprovechada por las plantas debido a que los nitratos no son apenas retenidos por el suelo y están sometidos a fuertes procesos de lixiviación, dando como consecuencia el paso de los mismos a acuíferos subterráneos, con la consiguiente contaminación y riesgo para el consumo humano. Se estima que se pueden producir pérdidas en cultivos hortícolas interiores de hasta 2000 kg/ha y año de nitrógeno (Alarcón *et al.*, 1996). En la tabla 4 se muestra el destino del nitrógeno fertilizante aplicado a un cultivo.



	PORCENTAJE
Absorbido por el cultivo (por las partes superiores)	40-60
Incorporado en la materia orgánica del suelo	20-50
Forma mineral en el suelo (complejo de arcilla-amonio)	5-20
Perdido por desnitrificación y volatilización	2-30
Perdido por lixiviación	2-10

Tabla 4. Influencia del nitrógeno de los fertilizantes sobre un cultivo (Bockman *et al.*, 1990).

La incorporación de fertilizantes a la agricultura ha sido uno de los factores principales del incremento de las producciones agrícolas, pero actualmente el exceso de fertilización química es el principal causante de la contaminación de los acuíferos y aguas subterráneas (Rechcigl, 1995) debido a la percolación de los mismos a través del perfil del suelo.

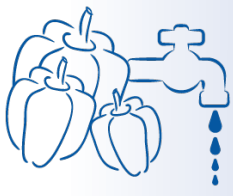
Los fertilizantes más aplicados en la agricultura moderna son compuestos formados por N, P, K (los tres macroelementos esenciales para el crecimiento de las plantas) y otros elementos como Ca, S y Mg y oligoelementos. Todos ellos, aplicados en exceso, son lixiviados provocando daños ecológicos, como acidificación, salinización y eutrofización de suelos y aguas, presencia de NO_3^- en ecosistemas naturales, contaminación por metales pesados, etc.

Por todo ello y debido a la imposibilidad de prescindir de los fertilizantes en la agricultura por el continuo crecimiento de la población mundial a la que hay que alimentar, entre otros factores, las directivas europeas, como ya se dijo, establecieron una serie de directrices para legislar la aplicación de fertilizantes que los países miembros han de respetar. Así, surgieron la Directiva 75/440/CEE de 16 de junio de 1975, relativa a la calidad requerida para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en los países miembros, la Directiva 76/116/CEE que acuñó la denominación de “abonos CEE” para aquellos fertilizantes que se comercializaran y emplearan en la CEE y otras Directivas Comunitarias referentes a métodos de muestras y análisis de abonos y específicas para cada tipo de fertilizantes. En España, la Orden Ministerial de 14 de julio de 1998 sobre productos fertilizantes y afines, establece las listas de productos fertilizantes que pueden ser destinados al consumo agrícola, así como los contenidos máximos y mínimos y las características de su composición.

En resumen, el NO_3^- es el ión que ocasiona mayores problemas ambientales, ya que se lixivia rápidamente incorporándose a las aguas subterráneas, favoreciendo la eutrofización y acidificación de suelos y aguas (Keeney, 1982; Emmett *et al.*, 1993), y ocasionando graves daños medioambientales y derroche energético (Devitt *et al.*, 1976).

2.2.2.- Los fertilizantes nitrogenados

Los fertilizantes son los productos naturales orgánicos o minerales inorgánicos que contienen, al menos, uno de los tres elementos nutrientes principales (nitrógeno, fósforo, potasio). Los fertilizantes orgánicos son los derivados de productos vegetales o animales, que contienen unas cantidades mínimas de alguno de los nutrientes mencionados. Los fertilizantes químicos o minerales son los obtenidos por procesos químicos, también con unas cantidades mínimas de dichos elementos. La mayoría de ellos son inorgánicos, aunque algunos son productos orgánicos. Si el fertilizante contiene uno sólo de los nutrientes se denomina simple (nitrogenado, fosfatado o potásico) y si contiene más de un nutriente se llaman compuestos, y pueden ser binarios o ternarios.



Debido a lo extenso del tema, se expondrán a continuación las características principales de los fertilizantes nitrogenados empleados en los cultivos a lo largo de los ocho años de ensayos de esta tesis doctoral.

SULFATO AMÓNICO

El sulfato amónico tiene una riqueza en nitrógeno del 21 por 100. Aporta una importante cantidad de azufre (23,5%), factor de gran interés, dado el progresivo empobrecimiento del suelo en este elemento, debido a la escasez de estiércol y al empleo de superfosfatos de alta graduación y de abonos compuestos. Por este motivo este fertilizante es muy adecuado para aquellos cultivos que requieren azufre: patata, remolacha, zanahoria, coles, etc.

A pesar de su gran solubilidad en el agua no se pierde por lixiviación, ya que el ión amonio (NH_4^+) es adsorbido por el complejo coloidal del suelo. Únicamente puede haber pérdidas por lixiviación en suelos muy sueltos con poca capacidad de cambio. Para favorecer la adsorción conviene enterrarlo mediante una labor superficial. Debido al ión sulfato (SO_4^{2-}), este fertilizante tiende a acidificar el suelo, por lo que resulta adecuado para aquellos cultivos que requieren un medio ácido y, también, en suelos salinos y cuando se desea acidificar el suelo.

El sulfato amónico moviliza el calcio del suelo, por lo cual se producen pérdidas de calcio por lavado. Por este motivo, cuando se fertiliza reiteradamente con este abono se precisa hacer enmiendas calizas en aquellos suelos que no tienen reservas importantes de este elemento. Como cualquier otro fertilizante amoniacal, en un medio básico (como son los terrenos calizos) produce amoníaco, que puede perderse parcialmente en la atmósfera por volatilización, por cuyo motivo conviene enterrarlo mediante una labor de arado.

El empleo de sulfato amónico se ha reducido en los últimos años, habiendo sido sustituido por abonos complejos y otros abonos nitrogenados de mayor graduación.

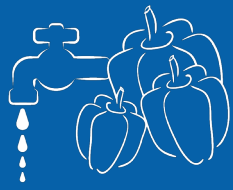
SOLUCIONES NITROGENADAS

Consisten en disoluciones en agua de uno o varios abonos nitrogenados de graduación alta: amoníaco, urea y nitrato amónico. En estas disoluciones, que tienen un buen contenido de nitrógeno, se procura mantener presiones de vapor bajas cuando proceden del amoníaco, o temperaturas de cristalización lo más bajas posibles cuando proceden de la urea. La ventaja principal de las soluciones nitrogenadas es que la unidad fertilizante resulta a un precio más bajo; el inconveniente más grave es que se precisa montar una estructura de almacenamiento y distribución.

Las soluciones nitrogenadas se dividen en dos categorías: con presión y sin presión, aunque las más utilizadas son las soluciones nitrogenadas sin presión, que son disoluciones en agua de urea y nitrato amónico. La más utilizada de estas disoluciones es la del 32 por 100, en donde el 8 por 100 está en forma amoniacal, el 8 por 100 en forma nítrica y el 16 por 100 restante en forma ureica. Se utiliza en cultivos de siembra otoñal o primaveral, tanto en sementera como en cobertera.

NITRATO DE CAL

Tiene una riqueza del 15,5 por 100 en nitrógeno. Es muy soluble en el agua. Al igual que el nitrato de Chile, este abono se ha empleado mucho para el abonado de cobertera. En la actualidad, el empleo de ambos abonos, en conjunto, no llega al 0,5 por 100 del total de abonos nitrogenados empleados en España.



NITRATO POTÁSICO

Aporta nitrógeno y potasio, por lo que puede ser considerado como un abono compuesto de fórmula 13 - 0 - 44. Se suele utilizar bastante en cultivos especiales (enarenados, hidropónicos) y para aplicarlo con el agua de riego.

NITRATO AMÓNICO

Tiene una concentración del 33,5 por 100 de nitrógeno, del cual la mitad correspondiente a nitrógeno amoniacal y la otra mitad a nitrógeno nítrico. De esta forma la planta puede aprovechar inmediatamente el nitrógeno nítrico, mientras que el nitrógeno amoniacal se mantiene en reserva y se aprovecha posteriormente, después de que se haya transformado paulatinamente en nítrico. Se aplica en cobertera, preferentemente durante el invierno y la primavera.

El nitrato amónico es muy soluble en el agua y se atterra con facilidad, debido a que tiene un gran poder de absorción de la humedad del ambiente, pero este inconveniente queda superado porque se granula junto con productos que repelen la humedad. Cuando se mezcla con materia orgánica resulta un producto explosivo. Por consiguiente, hay que tener la precaución de no mezclarlo con materia orgánica ni exponerlo directamente a la llama.

El empleo del nitrato amónico se ha incrementado notablemente en los últimos años. Se aplica directamente y entra a formar parte de abonos complejos y de soluciones nitrogenadas.

2.2.3.- Práctica de la fertilización nitrogenada

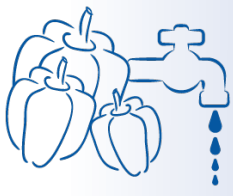
Se dan a continuación unos criterios y unas normas prácticas para la fertilización nitrogenada, que se han tenido en cuenta durante el desarrollo de los cultivos que han constituido la base de esta tesis. Se refiere a los abonos empleados en el ensayo, no se estudian otras formas de abono nitrogenado como la urea, los fertilizantes de liberación lenta (recubiertos de baja solubilidad o inhibidores de la nitrificación). Los datos generales sobre la práctica de la fertilización han sido obtenidos del libro "El suelo y los fertilizantes" (Fuentes Yagüe, 1989).

Los vegetales solamente pueden asimilar el nitrógeno bajo las formas nítricas y, a veces, bajo la forma amoniacal. La mayor parte del nitrógeno del suelo está contenido en la materia orgánica, por lo que la evolución de este nitrógeno a formas asimilables depende de la actividad microbiana, con muy pocas posibilidades de que el agricultor pueda intervenir sobre este proceso, ya que depende esencialmente del suelo y del clima.

Por lo general, la aportación de nitrógeno que suministra la materia orgánica es insuficiente para asegurar un buen rendimiento de la cosecha y además, el agricultor ignora la cantidad de nitrógeno liberado y la época exacta en que tiene lugar esa liberación. Es preciso, por tanto, hacer aportaciones de fertilizantes nitrogenados sintéticos, cuya eficacia viene condicionada por varios factores:

- La forma de nitrógeno que contiene el fertilizante.
- Las necesidades de la planta.
- La naturaleza del suelo.
- La práctica de la aplicación.

El nitrógeno no permanece durante mucho tiempo en forma estable, salvo que sea retenido por los coloides del suelo, y ello es debido a la actividad de los microorganismos del suelo, que



constantemente transforman los productos que contienen nitrógeno. Como consecuencia de estos hechos se llega a la conclusión de que la mejor manera de suministrar nitrógeno a las plantas consiste en hacer la aplicación en los momentos y en las cantidades en que las plantas pueden asimilarlos con relativa rapidez, con esto se reducen al mínimo las posibilidades de pérdidas.

El nitrógeno nítrico se asimila con rapidez y produce un gran efecto de choque sobre la vegetación, pero es arrastrado con facilidad con el agua de percolación. Por ambos motivos se utiliza en cobertera, y es más efectivo cuando se fracciona la dosis y se distribuye en dos o tres aplicaciones.

El nitrógeno amoniacal, cuando la temperatura es adecuada, pasa a la forma nítrica en muy pocos días. No es arrastrado por las aguas de percolación, debido a que es adsorbido por el complejo arcillo-húmico; sin embargo, puede ocurrir alguna pérdida por lixiviación en los suelos con poco poder de adsorción, como ocurre en los que son muy arenosos o en aquellos otros que tienen poco contenido de materia orgánica. La acción del nitrógeno amoniacal es progresiva y más duradera que la del nitrógeno nítrico, debido a que el proceso de nitrificación se prolonga durante algún tiempo. Como consecuencia de ello, los abonos amoniacales se utilizan, preferentemente, como abonos de fondo y en las primeras fases de los cultivos. El abonado de fondo se entierra con una labor antes de efectuarse la siembra. En el abonado de cobertera, sobre todo en terrenos calizos y durante períodos cálidos y secos, puede haber alguna pequeña pérdida por volatilización de amoníaco en la atmósfera, por lo que para evitar estas pérdidas conviene enterrarlo, cuando el cultivo lo permite.

Los abonos nítrico-amoniacales contienen nitrógeno bajo las formas nítrica y amoniacal. Estos abonos se utilizan preferentemente en cobertera. La forma nítrica es absorbida por la planta enseguida, y la forma amoniacal, con más lentitud; de este modo, la planta tiene a su disposición el nitrógeno durante más tiempo que si se hubiera abonado exclusivamente con una forma nítrica.

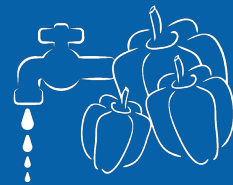
REDUCCIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE FERTILIZANTES NITROGENADOS

Las plantas aprovechan solamente un porcentaje relativamente reducido de los fertilizantes sintéticos añadidos al suelo. Este porcentaje es del 50-60 por 100 para los nitrogenados, del 20-30 por 100 para los fosfatados y del 40-70 por 100 para los potásicos (Fuentes Yagüe, 1989).

La compensación de estas pérdidas se hace normalmente añadiendo más cantidad, pero ésta no es la solución correcta, ya que en muchas ocasiones se produce un consumo excesivo de nutrientes por parte de la planta, sin que ello repercuta en un incremento apreciable de la producción (consumo de lujo), y en otros casos el fertilizante perdido por solubilización contribuye a contaminar los acuíferos, sobre todo en el caso de los nitratos. En los abonos nitrogenados, otra forma de compensar ciertas pérdidas consiste en hacer varias aplicaciones en cobertera, pero en muchos cultivos esta práctica, además de resultar muy gravosa, presenta grandes dificultades de ejecución.

Para tratar de solucionar el problema se han buscado dos caminos distintos:

- Obtención de productos que liberan los nutrientes poco a poco. Estos fertilizantes se llaman de acción gradual o de liberación lenta.
- Utilizar ciertos compuestos químicos que controlan o inhiben los procesos de nitrificación.



2.2.4.- Isótopos del nitrógeno

El nitrógeno tiene dos isótopos estables ^{14}N (99,63% de átomos en el aire) y ^{15}N (0,37% de átomos en el aire). La abundancia relativa de ^{15}N (relación de $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) en los nitratos del agua subterránea puede ser usada para distinguir los nitratos originados de desechos de animales de aquellos originados por otras fuentes (Flipse *et al.*, 1984).

Los resultados obtenidos en los isótopos del nitrógeno aconsejan la propuesta de las siguientes líneas de actuación (Senent y Martínez, 2001):

- Ampliación del número de estaciones de muestreo de aguas superficiales.
- Normalización y validación de la metodología de determinación de nitratos en aguas.
- Realización de estudios radioisotópicos de la relación $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ para establecer el origen de los iones nitrato presentes en las aguas.

La caracterización del origen del nitrógeno mediante la aplicación de técnicas de análisis de isótopos estables trata de identificar las fuentes de los nitratos que circulan por la red trófica, y estimar la proporción que proviene de los vertidos de origen agrícola. El estudio de la composición de isótopos estables de N puede proporcionar indicaciones acerca de los orígenes y transformaciones de la materia orgánica, de tal forma que el análisis de estos isótopos constituyen una herramienta muy útil para investigar las relaciones tróficas dentro de un ecosistema y el origen de los compuestos nitrogenados. Este tipo de estudios con isótopos estables son escasos hasta el momento en el Mediterráneo. La cantidad relativa de ^{15}N respecto a ^{14}N comparada con un patrón estándar (cantidad conocida como $\delta^{15}\text{N}$), en un compartimento del ecosistema puede compararse a los $\delta^{15}\text{N}$ de las posibles fuentes de nitrógeno (aguas subterráneas, aguas de escorrentía superficial a través de las ramblas, vertidos de aguas residuales, abonos agrícolas, materia orgánica de los sedimentos lagunares), por ello estas técnicas suelen utilizarse para reconstruir las vías de flujo de N a través de la red trófica.

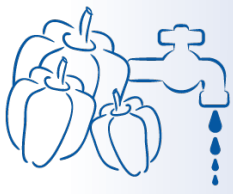
En los ensayos realizados en esta tesis, los contenidos isotópicos (contenidos en ^{14}N y ^{15}N) se determinaron mediante la utilización de un espectrómetro de masas (Preston y Owens 1983). Las relaciones isotópicas se expresan en ‰ de diferencia respecto a materiales estándar de referencia, mediante la ecuación $\delta X = (R_{\text{muestra}} / R_{\text{estándar}} - 1) \times 10^3$, donde X es ^{15}N , R es la correspondiente relación $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$, y δ es la medida del contenido del isótopo pesado respecto al ligero en la muestra (en ‰). Los estándares a utilizar serán Vienna Pee Dee Belemnite (vPDB) para el C, y N_2 atmosférico para el N. Los datos se analizan mediante análisis de la varianza, análisis multivariante, y otras técnicas.

2.3.- LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS

2.3.1.- Efectos del exceso de nitrógeno mineral de origen agrícola

LA CONTAMINACIÓN DE ORIGEN AGRÍCOLA

Cada día la población mundial crece en 250.000 personas, y casi el 95% de este aumento tiene lugar en los países del tercer mundo o países en desarrollo. También diariamente se pierden 180 km² de bosque tropical, 110 km² de zona agrícola se convierten en desierto y se crean de 3 a 5 nuevos compuestos químicos de uso agrícola. Con esta perspectiva, hay que admitir que el principal problema social a escala mundial es atender las necesidades alimentarias de su población



y, paralelamente, controlar el impacto ambiental que el incremento de la actividad agrícola puede causar.

Desde el punto de vista de la necesidad de aumentar la producción agrícola se tiende hacia una agricultura intensiva, que requiere elevados inputs y es altamente eficiente, pero también muy contaminante. Desde el punto de vista del respeto ambiental se tiende hacia la agricultura biológica, con menor requerimiento de inputs pero de bajo rendimiento y altos costes de producción. Entre estos dos puntos de vista se sitúa la denominada agricultura sostenible que es aquella que maneja y utiliza con éxito los recursos disponibles, satisface las necesidades de la población, mantiene o mejora la calidad del medio ambiente y conserva los recursos naturales. Para alcanzar cierta sostenibilidad en las prácticas agrícolas se pueden aplicar diversas técnicas que se recogen en los códigos de buenas prácticas agrarias, entre ellas la diversificación de cultivos, rotación de cultivos, lucha biológica, ingeniería genética, adecuado manejo del suelo, control de los inputs, lucha integrada, mejora de las prácticas de cultivo y uso racional del agua.

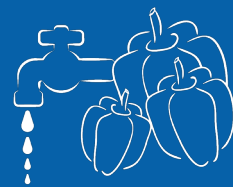
Como se ha dicho, las actividades agrícolas incluyen normalmente la utilización de fertilizantes y plaguicidas que pueden alcanzar las aguas superficiales y subterráneas. Los principales rasgos distintivos de la contaminación de origen agrícola son su carácter difuso y la necesidad de que los contaminantes atraviesen la zona no saturada hasta llegar al acuífero. Por otra parte, en algunos sistemas de riego se producen notables excedentes de agua que pueden infiltrarse, pudiendo ser esta agua notablemente salina y provocar salinización secundaria en el acuífero.

Los principales impactos ambientales que se derivan de la actividad agrícola son los siguientes (Fuentes Yagüe, 1989):

- Pérdida de suelo por erosión.
- Salinización del suelo, por drenaje insuficiente.
- Deterioro del agua de drenaje y retorno de riegos.
- Contaminación por movilización de elementos tóxicos.
- Contaminación puntual y difusa por agroquímicos.
- Sobreexplotación de acuíferos.

La elevada lixiviación de NO_3^- está asociada a aplicaciones de fertilizantes nitrogenados excesivas y a la ocurrencia de drenaje cuando el riego excede las necesidades hídricas del cultivo. Suelos de textura gruesa que drenan fácilmente y condiciones climáticas donde son frecuentes las lluvias torrenciales en cultivos al aire libre favorecen la lixiviación de nitratos. Las aplicaciones excesivas de N ocurren cuando la aplicación de N disponible para la planta (NH_4^+ y NO_3^-) excede claramente la extracción de N posible por un cultivo. El suministro de N incluye el N aplicado como fertilizantes nitrogenados, el N mineralizado desde el estiércol y desde el N orgánico del suelo y el N mineral residual desde cultivos precedentes.

En cultivos en invernaderos de Almería en suelo, el drenaje está asociado con riegos excedentarios durante el periodo de establecimiento tras el trasplante y riegos de elevado volumen durante la desinfección/solarización y riegos pre-trasplante (Thompson *et al.*, 2012). La fertilización excedentaria de N es consecuencia de aplicar programas de fertilización fijos que generalmente no consideran otras fuentes de N como las elevadas aplicaciones de estiércol. Desde cultivos en sustratos a solución perdida en invernaderos, ocurren pérdidas de NO_3^- elevadas porque se suele drenar como mínimo el 20-30% de la solución de riego (Thompson *et al.*, 2012).



EFFECTOS DEL EXCESO DE NITRÓGENO DE ORIGEN AGRÍCOLA EN LAS AGUAS.

Dentro de la contaminación difusa por agroquímicos producida por la actividad agraria, se encuentra la contaminación de las aguas subterráneas por nitratos. Desde hace años, los crecientes contenidos en nitratos de las aguas subterráneas son motivo de preocupación por cuanto afectan a la calidad de las aguas para consumo humano. El límite establecido por el Reglamento Técnico Sanitario Español es de 50 mg/l, que está ampliamente superado en numerosos acuíferos sobre los que se asientan actividades agrícolas. En ocasiones se han encontrado concentraciones del orden de 500 mg/l (caso del Maresme) y no es raro encontrar concentraciones superiores a 200 mg/l. Esta situación es debida, principalmente, a las elevadas dosis de fertilizantes nitrogenados empleados por los agricultores en esta zona, muy superiores a las necesidades de los cultivos.

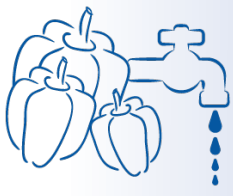
Desde el punto de vista de la gestión del agua, la magnitud del problema de los nitratos puede ser entendida de acuerdo a los siguientes factores:

- El agua subterránea es la principal o única fuente de abastecimiento urbano en muchas regiones.
- Ya que en muchos casos los acuíferos alimentan a ríos, es de esperar que la concentración de nitratos en las aguas de superficie pueda seguir una evolución semejante.
- La tendencia al aumento de los contenidos en nitratos debe continuar largo tiempo debido al progresivo aumento de la cantidad de fertilizantes utilizados y, sobre todo, al prolongado tiempo de migración, de manera que las concentraciones actuales son sólo el resultado de los fertilizantes utilizados hace años.
- El control de la contaminación por fertilizantes es difícil debido a su naturaleza difusa.
- La recuperación de acuíferos contaminados es dificultosa debido a la lenta tasa de renovación.

En un estudio realizado en el CEBAS-CSIC, en colaboración con la Universidad Miguel Hernández (Orihuela) se estimaron los aportes de nitrógeno en la agricultura murciana (Alarcón *et al.*, 1996). Estudiaron las siguientes fracciones como fuentes del nitrógeno disponible por los cultivos:

- Nitrógeno inorgánico en el suelo al inicio del cultivo. Es muy variable en función de características propias de cada finca (cultivos anteriores, abonado anterior, tipos de suelo, etc.).
- Nitrógeno procedente de la mineralización lenta de la materia orgánica que se encuentra en el suelo de forma natural. Para determinar esta segunda fracción deberían realizarse análisis de cada tipo de suelo. Sin embargo, como cifras orientativas, asumen la de 30 kg N/ha para unas riquezas en materia orgánica entre el 1 y el 2%.
- Nitrógeno mineralizado a partir de los fertilizantes y enmiendas orgánicas. Se presentan en el estudio, para estimar la fracción tercera, las aportaciones de nitrógeno que se realizan en la agricultura murciana para los principales cultivos, desglosados mensualmente y a nivel municipal.
- Nitrógeno aportado por el agua de riego que es también muy variable. Suponiendo un contenido en nitratos de 30-40 mg/l (ppm), una eficiencia total del riego de 0,7 y unos volúmenes anuales de 5.000 m³/ha, obtuvieron unos aportes de N del orden de 30-35 kg/ha.

Los resultados de este estudio para estimar la fracción lixiviada de nitratos proceden de una amplia encuesta realizada a 600 explotaciones agrarias de la Región Murciana y, posteriormente, contrastados mediante entrevistas en profundidad a 85 técnicos agrónomos de la región. Las encuestas se realizaron en el periodo septiembre de 1999 a junio de 2000. A partir de las mismas se obtuvo la cantidad de fertilizantes aplicados (expresada en kg de nitrógeno por hectárea) en los principales cultivos murcianos. Se observan consumos mas elevados que los aconsejables en hortalizas que en leñosos, por ello consideran que los esfuerzos para optimizar el uso de fertilizantes deberían



centrarse en los cultivos hortícolas. En segundo lugar, se observan grandes consumos de nitrógeno en determinados cultivos, bien por las técnicas culturales, bien por tratarse de cultivos protegidos (y por tanto muy localizados) como es el caso del tomate en invernadero con consumos superiores a los 600 kg/ha o el pimiento de invernadero, con resultados elevados en determinadas comarcas, que consideran serían fácilmente reducibles mejorando las prácticas culturales. Del análisis mensual, se deduce que las mayores aportaciones tienen lugar en el abonado de fondo, que por sus características (nitrógeno en forma amoniacal o ureica) consideran que no provoca impactos puntuales en la contaminación de los acuíferos (Alarcón *et al.*, 1996).

En un análisis a nivel municipal, los municipios que alcanzan índices superiores de aportaciones a 200 kg/ha y que, en principio, deben ser objeto de seguimiento para evaluar si provocan o pueden provocar contaminación son los situados en las comarcas del Campo de Cartagena (170-143 kg/ha), Vega del Segura (185-163 kg/ha) y Guadalentín (253-199 kg/ha), siendo dieciocho municipios de la Región los que tienen unos aportes de nitrógeno por hectárea superiores a los 200 kg/ha. En el caso del pimiento de invernadero en el Campo de Cartagena obtuvieron las siguientes aportaciones en kg/ha por meses:

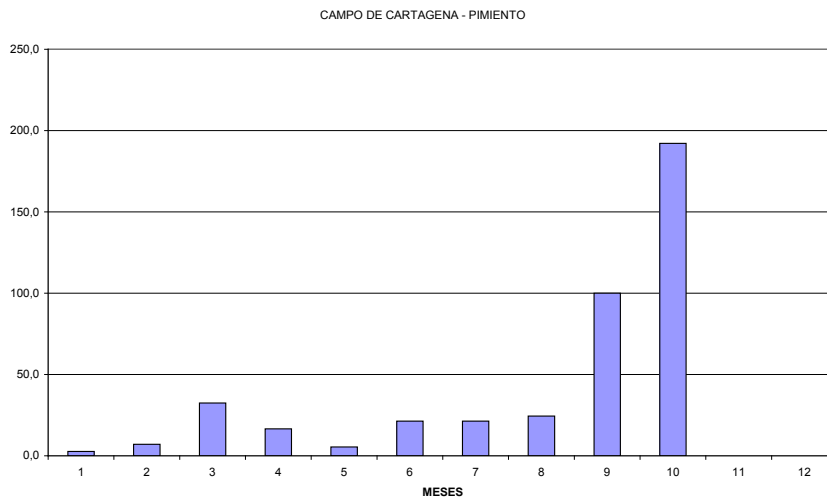
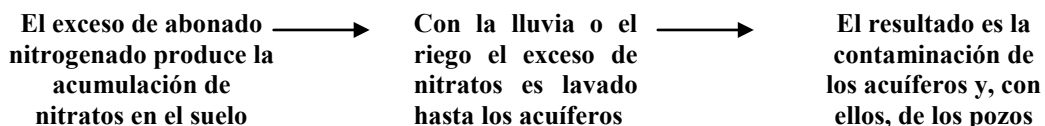
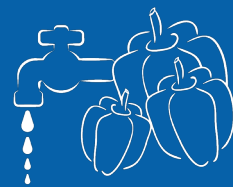


Figura 4. Aportaciones mensuales medias de N en el cultivo de pimiento del Campo de Cartagena en kg/ha (Alarcón *et al.*, 1996)

El nitrógeno es uno de los principales contaminantes de las aguas subterráneas. Es conocido que las plantas aprovechan únicamente un 50% del nitrógeno aportado en el abonado, esto supone que el exceso de nitrógeno se pierde, generalmente lavado del suelo por el agua que se filtra al subsuelo, siendo arrastrado hacia los acuíferos, ríos y embalses, contaminando, por tanto, las aguas destinadas a consumo humano. De hecho, en muchos trabajos de investigación se ha concluido que el principal factor responsable de la contaminación de las aguas subterráneas por nitratos es la agricultura.

Este fenómeno ha sido ampliamente estudiado en el Reino Unido, estimándose que, con las tasas de fertilización normalmente recomendadas en ese país, se producen pérdidas de 50-60 kg de nitrógeno por hectárea al año y, en algunos lugares, llegan a alcanzar 100 kg. También se señala que, en la misma área, del total de entradas de nitratos al acuífero, el 58% procede de las actividades agrícolas. En Castellón, en cultivos de cítricos, se llegan a perder hasta 250 kg.





En el Departamento de Biología de la Universidad de las Islas Baleares compararon cuatro tratamientos de fertilización nitrogenada en un cultivo de patata, con variaciones de dosis, fórmula de abonado y distribución, realizando un seguimiento de la concentración de nitratos en peciolo y las pérdidas de agua y nitrógeno por percolación. A pesar de ser la patata un cultivo muy sensible a los déficits de nutrientes y exigente en nitrógeno, no se obtuvieron diferencias de producción en los cuatro tratamientos, pero sí importantes pérdidas de nitratos (entre un 57% y 72% del aportado) principalmente en los meses de lluvia y en el caso de mayores dosis de abonado de fondo. Recomiendan ajustar los riegos cuando hay una previsión de lluvias, por ser las precipitaciones un factor a tener muy en cuenta en cultivos al aire libre y aplicar abonado de cobertura preferentemente (Adrover *et al.*, 2012).

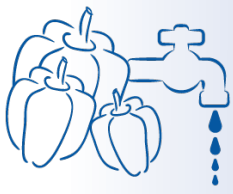
En general, todos los autores parecen estar de acuerdo en que el exceso de fertilización nitrogenada y su defectuosa aplicación, son las causas que más contribuyen a la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas. En diversos estudios realizados en España se muestra que la contaminación de las aguas subterráneas por nitratos afecta a grandes zonas. Las áreas más contaminadas son, en muchos casos, aquellas en las que se practica una agricultura intensiva, con altos aportes de fertilizantes y riego.

EFFECTOS DEL EXCESO DE NITRÓGENO DE ORIGEN AGRÍCOLA EN LAS PLANTAS

La circunstancia de que las plantas no puedan utilizar completamente el nitrógeno del suelo, reviste gran importancia. La utilización del nitrógeno según datos de la Organización Mundial de la Salud puede oscilar entre un 25 al 85% según el cultivo y las técnicas agrícolas; por lo tanto, a fin de obtener una máxima producción, se aplica un exceso del fertilizante nitrogenado al suelo, razón por la cual aumenta substancialmente el arrastre de nitrógeno por las aguas pluviales.

Los nitratos pueden aparecer en los acuíferos como consecuencia de las aguas de lluvia que contienen nitrato y amonio, los vertidos de aguas residuales, lixiviación en vertederos incontrolados, residuos orgánicos procedentes de ganado estabulado y excedentes de abonos nitrogenados, no usados por la planta y lixiviados a la zona saturada. Estos restos de nitratos son fácilmente transportados a la zona no saturada del acuífero, moviéndose a velocidades entre 50-100 cm al año, hasta llegar a la zona saturada en la que se diluyen rápidamente.

En un estudio realizado en el Poniente Almeriense se vio que el nitrato que recibe este área tiene la siguiente procedencia: 150 t/año de agua de lluvia, 170 t/año por filtración de aguas residuales urbanas, 4.400 t/año procedentes de abonos orgánicos y compost, 1.800 t por regadíos y 3.000 t por fertilizantes inorgánicos. Restando las concentraciones extraídas por bombeos de aguas subterráneas (1.950 t/año) queda un exceso de 7.570 t anuales que se encuentran en las zonas superficiales del suelo o en las zonas no saturadas del mismo (Grupo Ecologista Mediterráneo, 1998). Se detectó además que en algunos acuíferos hay valores de nitratos del orden de 240 mg/l, que crecen desde mínimos en la falda de sierra de Gador hasta valores inadmisibles en la medida en que nos vamos acercando al litoral. Este Grupo Ecologista afirma que la contaminación de los acuíferos subterráneos, es un tema muy delicado, ya que de producirse pueden pasar siglos antes de que se descontaminen y además aunque se controlasen los vertidos de líquidos contaminados inmediatamente, lo más probable es que con ello no acabase la contaminación, sino que esta continuase su difusión, aunque de forma más limitada, por lo que consideran que se debería de intentar, a corto y medio plazo, que los invernaderos recogiesen las aguas sobrantes de riego, especialmente en los sustratos, para su reutilización o depuración.



Podemos encontrar los siguientes efectos del exceso de nitrógeno en las plantas:

- Produce un crecimiento exagerado y color verde intenso.
- Se forman plantas débiles con tejidos tiernos, y, por tanto, más propensas a las plagas y enfermedades, al viento, a la lluvia, al granizo, a las heladas, etc.
- Las plantas abonadas con un exceso de nitrógeno, son más sensibles a los ácaros (fitófagos).
- La floración es escasa por el predominio de hojas (muchas hojas y pocas flores).
- Flores incompletas, sin estambres o sin pistilos, caída de flores y frutos y frutos con color anormal.
- Aparece gomosis en árboles frutales (exudación de goma por tronco y ramas).
- También se deprime la absorción de fósforo, potasio, cobre y otros.

Con los estudios de balance de nitrógeno pueden generarse propuestas para recomendar las dosis de fertilización de los cultivos y proponer fechas de fertilización para disminuir el impacto sobre el medio ambiente. Desafortunadamente estos estudios son muy costosos, ya que requieren constantes muestreos de agua, suelo, planta y aire para su posterior análisis químico (Estrada *et al.*, 2005)

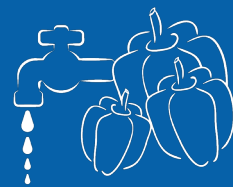
EFFECTOS DEL EXCESO DE NITRÓGENO DE ORIGEN AGRÍCOLA EN LA SALUD

Realmente, la principal preocupación de los nitratos se centra en su incidencia sobre el consumo humano, especialmente para lactantes y embarazadas, que forman el grupo de mayor riesgo, así como en personas de avanzada edad, aunque también puede tener incidencia en aguas de uso industrial, como puede ser el caso de conservas de frutas, y probablemente, sobre el consumo animal (límite 100 mg/l). No parecen existir problemas, más bien al contrario, en lo que se refiere al uso de las aguas con elevadas concentraciones en nitratos para usos agrícolas.

Sobre todo, el problema de los nitratos radica en que pueden ser reducidos a nitritos en el interior del organismo humano, especialmente en los niños de menos de tres meses de edad y en adultos con ciertos problemas. Los nitritos producen la transformación de la hemoglobina a metahemoglobina. La hemoglobina se encarga del transporte del oxígeno a través de los vasos sanguíneos y capilares, pero la metahemoglobina no es capaz de captar y ceder oxígeno de forma funcional. La cantidad normal de metahemoglobina no excede el 2%. Entre el 5% y el 10% se manifiestan los primeros signos de cianosis. Entre el 10% y el 20% se aprecia una insuficiencia de oxigenación muscular y por encima del 50% puede llegar a ser mortal.

Una vez formados los nitritos, pueden reaccionar con las aminas, sustancias ampliamente presentes en nuestro organismo, originando las nitrosaminas, un tipo de compuestos sobre cuya acción cancerígena no existen dudas. En las experiencias de laboratorio se ha comprobado que alrededor del 75% de ellas pueden originar cánceres hepáticos y, aunque con menor frecuencia, también de pulmón, estómago, riñones, esófago y páncreas. También se ha podido comprobar que existe una correlación directa entre el consumo de alimentos o aguas con exceso de nitratos y los cánceres gástricos y entre el trabajo en las fábricas de abonos químicos y dichos cánceres.

Se ha comprobado que cuando las embarazadas ingieren cantidades altas de nitratos se eleva la mortalidad durante los primeros días de vida del hijo, principalmente debido a malformaciones que afectan al sistema nervioso central, al muscular o al óseo. También se han descrito efectos perniciosos sobre las glándulas hormonales. Por todo ello, las autoridades sanitarias españolas han establecido como contenido máximo tolerable de nitratos en el agua potable el de 50 mg/l (B.O.E. nº 226 de 1990, páginas 27488 a 27497), al igual que la Comunidad Europea y la Organización Mundial de la Salud,



que establece este límite de 50 mg/l como recomendado y el límite de 100 mg/l como el máximo. La agricultura ecológica, al no utilizar abonos muy solubles, tiene mucho menos riesgo de contaminar, aun así se debe tener precaución en no aportar dosis excesivas de estiércol y con el manejo de purines y gallinaza.

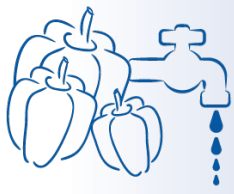
2.3.2.- La lixiviación de los nitratos

El lixiviado de nitratos es el movimiento del nitrógeno inorgánico hacia los horizontes más profundos del suelo y hacia el acuífero. Las pérdidas por este proceso ocurren, normalmente, en forma de nitrato ya que el amonio se encuentra inmovilizado, fijado, adsorbido o bien se ha transformado en nitrato por procesos de nitrificación. El lixiviado es un proceso físico, basado en los principios de convección y difusión. Las pérdidas son máximas cuando existen altos contenidos de nitratos en el suelo y rápido movimiento del agua a través de la zona no saturada. Los factores que en mayor medida inciden en el lixiviado son el clima (evapotranspiración), tipo de práctica agrícola, aportes de nitrógeno, cantidad de agua empleada en el riego y características del perfil de la zona no saturada. La frecuencia y duración de las precipitaciones también influye ya que el agua que se infiltra se comporta como un vector de transporte del nitrato. La temperatura, por su parte, regula la actividad de los microorganismos. El tipo de cultivo es de especial importancia pues los cultivos con fuerte demanda de nitrógeno disminuyen los riesgos de lixiviado; también incide el periodo de crecimiento de las plantas, el desarrollo radicular y los residuos que quedan después de la cosecha.

Los nitratos son conservados en la zona radicular y más allá de esta zona solamente la capilaridad del suelo puede reducir el lixiviado. La cantidad de materia orgánica presente en el suelo es primordial como fuente de energía para la biomasa que interviene en el ciclo del nitrógeno (mineralización, nitrificación, inmovilización y desnitrificación). También es de gran importancia la presencia de partículas arcillosas que provocan la adsorción y fijación del amonio, ya que los suelos arcillosos o con intercalaciones semipermeables contribuyen a que el flujo de agua sea más lento y permiten que existan condiciones anaerobias que facilitan la desnitrificación, mientras que en los suelos arenosos difícilmente se dan condiciones anaerobias y, además, la velocidad del movimiento del agua es más elevada. Debido a la importancia de este fenómeno, es frecuente efectuar el cálculo de la cantidad de nitrato perdido por lixiviación durante un periodo de tiempo determinado, la denominada velocidad de emisión másica. Este cálculo es muy dificultoso debido a la variabilidad espacial tanto de la concentración de nitratos en el suelo como del movimiento del agua a través del perfil.

Una de las formulaciones más utilizadas es la siguiente: $N_d = D (\text{NO}_3^- \text{N}) / 100$, donde N_d es la cantidad de nitrógeno percolado por debajo de la zona radicular ($\text{kg N/ha} \cdot \text{año}$), $\text{NO}_3^- \text{N}$ es la concentración de nitratos en el agua de riego ($\text{mg/l de NO}_3^- \text{N}$) y D es el volumen drenado anualmente (mm/año).

La lixiviación de nitratos se produce debido a que la carga negativa del NO_3^- impide que éste quede retenido en la fracción coloidal del suelo favoreciendo, en cambio, que sea arrastrado por el agua que circula por el suelo. Como ya se ha comentado, existen varios factores que inciden de forma integral en la magnitud de las pérdidas de nitrógeno por lixiviación de nitratos tales como el tipo de suelo (textura, permeabilidad, etc.), la cobertura de residuos o de cultivos, la disponibilidad de nitratos en el suelo, la intensidad de la lluvia y/o riego, etc. En términos generales, un excedente o balance positivo de agua en el sistema suelo-planta determina una salida neta de nitratos fuera del sistema suelo-planta. Por ello si se



aplican fertilizantes, la estrategia de aplicación debería procurar evitar los eventos de lluvias intensas o en etapas en donde el cultivo comienza a consumir agua y nutrientes en forma más intensa.

El nitrógeno nítrico es extraordinariamente soluble en agua y no es retenido por los coloides del suelo. Desciende arrastrado por el agua, a una velocidad que depende de la textura del suelo y de la importancia de las precipitaciones. El proceso tiene importancia, sobre todo, en el periodo de otoño-invierno, durante el cual el movimiento del agua es descendente, y en donde las raíces son muy poco activas.

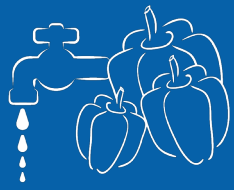
Estas pérdidas por lixiviación serán siempre mayores en un suelo desnudo que en otro cubierto, por ello son interesantes los cultivos intercalados, que ocupan el suelo durante el invierno. En este aspecto, experiencias realizadas en Versalles han mostrado pérdidas anuales de nitrógeno nítrico por lavado que varían de 30 a 150 kg/ha en suelos desnudos, y de 30 a 80 kg/ha en los cultivados. Durante algunos inviernos secos, la lixiviación es casi nula. Por el contrario, en suelos con buen drenaje, y durante algunos inviernos muy lluviosos, las pérdidas por lavado pueden ser tan intensas que, al final del invierno, no se encuentren ni trazas de nitrógeno nítrico en el suelo.

Los ensayos sobre lixiviación de nitratos han permitido conocer mejor los movimientos del nitrógeno en el suelo. Puede admitirse que el nitrógeno nítrico aportado o formado en el suelo, y que no aparece en las aguas de drenaje, queda almacenado temporalmente en estado orgánico, al ser utilizado por los microorganismos del suelo. Este nitrógeno reaparecerá más tarde en estado mineral en el circuito del nitrógeno. Las pérdidas, por tanto, por lavado del suelo, no tienen realmente la importancia que se les atribuía antiguamente, antes de ponerse en evidencia esta circunstancia.

También hay que hacer constar que, aunque el nitrógeno nítrico desciende en el suelo arrastrado por lavado, inversamente también puede subir por capilaridad en los periodos de sequía, tanto en lo que respecta al nitrógeno aportado por los fertilizantes comerciales, como el que se forma a más profundidad por mineralización. Se localiza a veces, entonces, en las capas superficiales del suelo en cantidades que, en ocasiones son importantes, fuera del alcance de las raíces, a la espera de que una lluvia o un riego lo hagan descender. También en este sentido se ha demostrado que esta localización puede representar en verano más de 90 kg/ha de nitrógeno por término medio, los cuales se sitúan en su mayor parte en los 5 a 10 primeros centímetros del suelo, y resultan a veces inutilizables por el cultivo.

El ión nitrato (NO_3^-) junto con el ión amonio (NH_4^+) son las formas más comunes mediante las que las raíces de las plantas absorben el nitrógeno disponible en el suelo. La diferencia entre ellos y causa principal de que sea el ión nitrato el mayor contaminante, radica en las cargas de sus iones; así, el nitrato es un ión muy móvil lo cual junto con su carga negativa, hace que no sea adsorbido por el suelo, por lo que se lava fácilmente desplazándose con el agua que entra en el suelo, mientras que el ión amonio (NH_4^+), como posee carga positiva, es adsorbido con facilidad por las superficies coloidales (arcillas).

Como ya se ha manifestado en varias ocasiones, la aplicación inadecuada de los fertilizantes nitrogenados en la agricultura es el principal factor que interviene en la lixiviación de NO_3^- a través de las capas del suelo, incorporándose esta sal a las aguas subterráneas y superficiales, contaminando el agua potable y modificando el balance ecológico de lagos y ríos (Kirchmann *et al.*, 2002). Esta modificación se debe a la proliferación de la vegetación acuática (algas y otras plantas verdes)

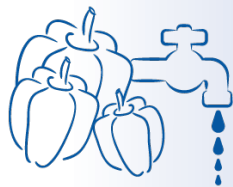


consecuencia del “aporte adicional de nitrógeno” procedente de la lixiviación. El incremento de la vegetación acuática conlleva la eutrofización del medio, con el consiguiente aumento en el consumo de oxígeno por las plantas y la reducción del mismo en el agua.

La cantidad de NO_3^- lixiviado no es únicamente una cuestión del sistema de cultivo empleado (Kirchmann *et al.*, 2002), sino que depende de la combinación de diferentes factores como el tipo de terreno, la capacidad de drenaje, la selección del cultivo, el nivel de la materia orgánica en el suelo y otros factores climáticos como la hidrología, la temperatura, la precipitación, etc. Algunas estrategias para reducir la pérdida de NO_3^- a través del drenaje consisten en aplicar el nitrógeno en el momento y a los niveles adecuados, realizar análisis de suelo periódicamente, diversificar las rotaciones de cultivos, optimizar las técnicas para aplicar el nitrógeno, usar inhibidores de la nitrificación, etc., (Dinnes *et al.*, 2002).

Los factores que influyen en la lixiviación de los nitratos los podemos resumir en los siguientes:

- Tipo de suelo, que condicionará en gran medida el lixiviado de nitratos. La presencia de arcillas con una importante capacidad de retención de nitratos impedirá que éstos sean transportados por medio del agua de drenaje de suelo disminuyendo el riesgo de lixiviación de los mismos fuera de la zona de aprovechamiento por parte de la vegetación existente. En cambio los suelos arenosos permiten una movilidad vertical de los nitratos mayor favoreciendo el lixiviado de los mismos. El lixiviado aumenta en suelos arenosos que son muy permeables y que poseen una limitada capacidad de campo.
- Humedad del suelo, generalmente se asume que cuando llueve sobre un suelo húmedo, el lavado del suelo, y por tanto la lixiviación de nitrato, será mayor, pero esto no es siempre cierto. Por ejemplo, en suelos que poseen una textura fina, la velocidad de infiltración del agua y la velocidad a la que circula el agua a través del suelo disminuyen a medida que aumenta la humedad del suelo.
- Presencia de materia orgánica y rastrojos en la superficie, que provoca que se infiltre más agua (en relación con el agua que discurre), aumentando así la probabilidad de lixiviación.
- Cultivos de crecimiento activo, ya que la presencia de cultivos que estén en fase y/o época de crecimiento, es un factor importante a la hora de tener en cuenta la cantidad de nitrato que puede llegar a ser lixiviado. Es necesario recordar que las plantas absorben nitrato, disminuyendo la concentración de esta especie del N en el suelo. También, las plantas absorben agua a través de las raíces favoreciendo, de forma indirecta, que disminuya el lixiviado porque pasa menos cantidad de agua a través del suelo.
- Tipo de laboreo y época en la que se realiza. Un laboreo profundo en la época de lluvias aumenta la capacidad de infiltración y, por lo tanto, de lixiviación de nitratos.
- El regadío puede facilitar la contaminación nítrica del agua mediante el movimiento de las aguas aportadas, tanto en sentido vertical, desde la superficie a los estratos más profundos (lixiviación), como horizontalmente por escorrentía superficial (lavado). Las zonas donde el regadío juega mayor importancia en los procesos de lixiviación de nitratos se caracterizan por presentar al menos una de las siguientes características: suelos arenosos muy permeables y de limitada capacidad de campo; presencia de capa freática superficial (profundidad no superior a 2 m); terrenos superficiales (profundidad inferior a 15-20 cm) apoyándose sobre una roca fisurada; terrenos con pendiente superior al 2-3%; práctica de una agricultura intensiva con aportes elevados de abonos; terrenos ricos en materia orgánica y labrados con frecuencia en profundidad; presencia de arrozales en suelos de permeabilidad media, etc.



2.4.- INVESTIGACIONES SOBRE LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS

2.4.1.- Investigaciones generales sobre contaminación por nitratos

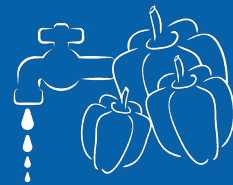
El objetivo de la fertilización nitrogenada es satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo, para lo que es imprescindible conocer en primer lugar estas necesidades, considerando las fuentes de nitrógeno aprovechables por el cultivo: materia orgánica del suelo, aportaciones del agua de riego, restos de cosecha, cultivos precedentes, etc.

El primer aspecto a tener en cuenta en la planificación de la fertilización nitrogenada son las aportaciones debidas a la fertilidad del suelo por su contenido en materia orgánica, ya que puede haber una gran variación entre zonas, en una misma parcela e incluso entre campañas en el mismo suelo. A nivel de agricultor se puede recurrir a la realización de un análisis de suelo que nos aporte el nitrógeno en forma nítrica y el de forma amoniacal al principio de cada campaña de cultivo, que permita modular los aportes minerales u orgánicos a realizar. Una estimación del nitrógeno que va a mineralizarse es más difícil de obtener a nivel práctico para cada parcela de cultivo, por ello no se suele utilizar para la toma de decisiones.

El segundo aspecto a tener en cuenta son las aportaciones por los abonos orgánicos que se suelen aplicar al inicio de las campañas. Teniendo en cuenta el límite máximo que establece la Directiva de Nitratos en zonas vulnerables de 170 kg N/ha, el criterio agronómico a emplear debe tener en cuenta la variabilidad de la composición de los abonos orgánicos, la eficiencia de la liberación de nutrientes, el coste de estos residuos y las dificultades en su reparto. La eficiencia del aporte de fertilizantes por cada tipo de estiércol se puede conocer de numerosos ensayos realizados, por ejemplo la eficiencia obtenida del purín de porcino respecto al abonado mineral está en torno al 60% el primer año y es nula el segundo año (Irañeta *et al.*, 2002) y en el caso de estiércol de ovino se produce una liberación más lenta que puede durar hasta la tercera campaña agrícola

Por último hay que tener en cuenta otras aportaciones, como pueden ser la fijación biológica de nitrógeno por las leguminosas (en el caso que estudiamos de invernaderos de pimiento no existe por no haber rotación), la contribución de los restos de cosecha (en pimiento es poco habitual su enterrado como abonado verde) y los aportes del agua de riego, que si son significativos en el Campo de Cartagena, especialmente las procedentes de pozo.

Conocido esto, es imprescindible hoy día un uso racional y eficiente de los abonos nitrogenados, que permita obtener una producción óptima al menor coste y a la vez reducir la contaminación, para lo que hay que tener en cuenta la dosis a aportar, el momento de aplicación y el tipo de abonado empleado. Las necesidades de nitrógeno se calculan conociendo el potencial productivo de la parcela y el coeficiente de extracción del cultivo, del que hay numerosos estudios y el momento de aporte que también está suficientemente estudiado y suele coincidir la mayor absorción de nitrógeno con los periodos de rápido crecimiento, permitiendo su conocimiento fraccionar las aportaciones y reducir las pérdidas por lixiviación. Como complemento de todo lo anterior hay otras herramientas que pueden ayudar a un uso eficiente del abonado a los agricultores, como es el conocimiento de los modelos de absorción de nutrientes para muchos cultivos, el método de los balances de N en el suelo, el conocimiento cada vez más preciso de las necesidades hídricas y una buena planificación de la fertirrigación, los métodos de medida del nitrógeno mineral disponible en el suelo y las medidas del estado nutricional de los cultivos.



El análisis del nitrógeno mineral presente en el suelo es como una fotografía fija del mismo que suele hacerse al inicio del cultivo y nos da una idea del punto de partida. El estado nutricional nitrogenado del cultivo se puede hacer con aparatos como el medidor de clorofila, que realiza un sencillo test para detectar las deficiencias, el balance de nitrógeno, que valora las entradas y salidas de nitrógeno y tiene como principal dificultad la de que necesita de una correcta evaluación de los parámetros que intervienen (Quemada, 2006).

Un aspecto íntimamente ligado con el abonado nitrogenado es el del manejo del riego, de manera que se le suele llamar fertirrigación. Ha quedado ampliamente demostrado a lo largo de esta tesis, así como en numerosos estudios que el principal factor a considerar para reducir las pérdidas de nitrato por lixiviación es el de la dosis de riego aplicada y la reducción de las pérdidas de agua por drenaje. La fertirrigación ofrece la posibilidad de optimizar a la vez los dos factores de mayor incidencia en el cultivo, tanto en el riego localizado como por aspersión, pudiendo llegar a conseguirse reducciones de las dosis tradicionales de abono entre un 25% y un 40% (Cánovas y Navarro, 1999; Díez *et al.*, 2000).

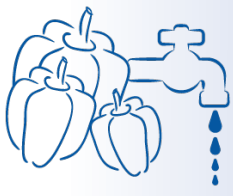
ESTUDIOS SOBRE LA PRESENCIA DE NITRATOS EN EL SUELO Y LAS AGUAS.

Un estudio realizado en Carolina del Sur durante 1971-1972 por Peele y Gillingham, reveló altas concentraciones de nitratos en el agua subterránea y en el efluente del drenaje. Se concluyó que aplicaciones excesivas de fertilizantes nitrogenados por encima de las cantidades necesarias para el crecimiento de las plantas, incrementan el contenido de nitratos en aguas subterráneas someras y en perfiles del suelo. Desde entonces numerosas agencias locales, estatales y federales e investigadores universitarios de Estados Unidos, comenzaron a investigar el impacto de químicos agrícolas, específicamente los fertilizantes nitrogenados y plaguicidas en el agua subterránea.

A principios de los años setenta, se reconoció que la agricultura intensiva y la fertilización abusiva de los campos eran las principales fuentes del enriquecimiento de los nitratos en los acuíferos (National Research Council, 1978). Pratt, (1984) es uno de los primeros que dedica la mayor parte de su carrera científica a estudiar el uso de nitratos y la lixiviación en la agricultura de regadío. Desde entonces se ha constatado la mayor concentración de nitratos en las áreas cultivadas y fertilizadas frente a las no fertilizadas, afirmando que la agricultura participa significativamente en la contaminación nítrica (Adiscott, 1995). Por eso, desde hace unas tres décadas y con el fin de minimizar la contaminación del medio ambiente, se están estudiando comparativamente los sistemas de cultivo ecológicos y convencionales a distintos niveles, pero sobre todo, en cuestiones de lixiviación de nutrientes.

Son numerosos los estudios en los que se ha cuantificado el nitrógeno aportado por fertilizantes que va a los acuíferos. Así, el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra en colaboración con la Universidad de Granada han cuantificado para el cuatrienio 1980-83 y para el bienio 1993-94 los aportes por fertilizantes a la Vega de Granada en zonas de riego con aguas subterráneas con una media de 40 mg/l de concentración. Consideran un porcentaje de pérdidas medias de nitrógeno por lixiviación del orden del 20-30% que equivale a unos 50 kgN/ha • año, que ha disminuido en el periodo 93-94 respecto al 80-83 por un descenso del 20% de la superficie cultivada (Castillo *et al.*, 1995).

En la agricultura actual es común el empleo de grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados que en gran parte no es aprovechada por las plantas debido a que los nitratos no están retenidos por



el suelo, estimándose que el porcentaje de nitrógeno aprovechado raramente supera el 50%, ni tan siquiera en sistemas de producción intensivos (Machet *et al.*, 1987; Wiesler, 1998) y que se pueden producir pérdidas de hasta 2000 kg/ha de nitrógeno en un cultivo como el melón Galia (cv. Revigal) sobre lana de roca (Alarcón *et al.*, 1997).

La movilidad de nitratos en el suelo y su capacidad de contaminación de las aguas subterráneas ha sido estudiada por la Generalitat de Catalunya en colaboración con la Universidad de Lérida (Boixadera y Cortés, 2000) y por el Servicio de Investigación Agroalimentaria de Aragón (Orús y Quiles, 1999). Para el caso concreto del melón, el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, realiza simulación del transporte de nitrato por ordenador (Muñoz Carpena *et al.*, 1998) y el Instituto de Riego de Nápoles (Tedeschi, 1984) y el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, estudian la influencia del riego (Ramos, 1995). Como ponen de manifiesto estos estudios, las recomendaciones que optimicen el riego, a la vez contribuirán a reducir la contaminación por nitratos.

La contaminación por NO_3^- de los acuíferos, está siendo identificada en diferentes partes del mundo, y el proceso de mitigación de este problema debe ser considerado a largo plazo ya que la respuesta a las medidas de mitigación en la reducción de la concentración la solución del suelo, en aguas superficiales y profundas y reservorios naturales de agua demuestra también ser un proceso a largo plazo. Esto se debe en gran parte por el largo tiempo de tránsito del NO_3^- en el suelo hasta su deposición final (Soto *et al.*, 2011).

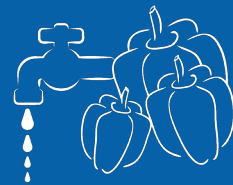
En la publicación “El desafío del manejo del nitrógeno en el contexto de la productividad agrícola y de la vulnerabilidad medioambiental” (Soto *et al.*, 2011), se afirma como el manejo de la fertilización con nitrógeno adquiere cada vez más importancia en el contexto de zonas agrícolas. A pesar de las investigaciones realizadas a nivel mundial, el uso eficiente del N en los sistemas agrícolas para cada zona en particular, parece estar todavía en una etapa de concienciación, identificación y establecimiento del balance entre los aportes de N mineral del suelo, de los diferentes grupos de materia orgánica y de residuos de cultivo y la extracción del cultivo. Así, para cada región agrícola, es necesaria la cuantificación de los excesos de N aportados para estimar el potencial de lixiviación y la consecuente contaminación ambiental (Soto *et al.*, 2011).

La presencia de nitratos en las aguas subterráneas de la Región de Murcia fue estudiada por el Departamento de Geología y Edafología de la Universidad de Murcia, en convenio con la Consejería de Agricultura y Agua. Este convenio dio lugar a un mapa de nitratos general de la Región, en la que se han identificado dos Zonas Vulnerables, con concentración de nitratos > 50 mg/l, una de ellas parte de la Comarca que nos ocupa (comunicación personal Carmen Pérez Sirvent).

ESTUDIOS SOBRE EL TRANSPORTE DE NITRATOS EN EL SUELO.

El transporte de solutos en el suelo se ha investigado a diferentes escalas. En una primera aproximación, el comportamiento de estos compuestos en el suelo es frecuentemente investigado en el laboratorio bajo condiciones controladas. Así, para los procesos de adsorción y degradación se realizan isotermas de adsorción y experimentos de incubación, mientras que el transporte se realiza en columnas de suelo empaquetado o sin alterar, dependiendo de propósito que se persiga. Para su modelización se estima un proceso de transporte unidimensional en vertical.

A gran escala o de campo, el desplazamiento de los solutos está influenciado por redistribuciones laterales y por flujos rápidos a través de pequeñas partes del volumen de suelo. Encontrándose el



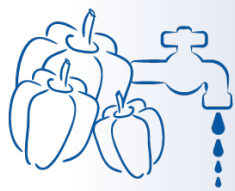
soluto a profundidades en el suelo donde no se esperaba, lo que demuestra la capacidad limitada de los experimentos a escala de laboratorio para caracterizar el transporte de solutos a mayor escala, de ahí la necesidad de realizar estudios a escala de campo. Estos ponen de manifiesto que los flujos preferenciales son más la regla que la excepción en diferentes suelos. En nuestro estudio, con un suelo franco-arcilloso y con irrigación por goteo, se pueden formar canales preferenciales y la movilidad de los nitratos puede ser mayor de la esperada. Por ello, es importante conocer la contribución real de este tipo de flujos sobre la contaminación de las aguas subterráneas. Kladvko, (1999) y Gómez de Barreda (1996a) han evaluado el transporte de nitratos y pesticidas en la zona no saturada bajo condiciones de campo.

La escala intermedia, es la escala liximétrica (la que va a ensayarse en esta tesis) y se considera el punto de unión entre los estudios de laboratorio y campo. Su tamaño y profundidad (1 m) permite representar las propiedades del suelo y su variabilidad, permite simular prácticas agrícolas reales y pueden exponerse las plantas a condiciones naturales. Permite muestrear todas las sustancias que alcanzan el fondo del líxímetro incluso pequeñas cantidades de compuestos más móviles que los transportados a través de pequeños espacios de la matriz. Permite además el uso de compuestos marcados pudiéndose rebajar el límite de determinación varios órdenes de magnitud así como cuantificar los residuos más persistentes y calcular el balance de masas.

La modelización del transporte de estas sustancias en el medio es posible gracias al desarrollo de modelos matemáticos que permiten estimar diferentes escenarios a la hora de predecir el destino de estas sustancias en el medio (Matthews *et al.*, 2000). Su uso actualmente aún presenta algunas limitaciones, dado que requiere una calibración previa con datos experimentales, antes de poderlo validar, y se encuentra en algunos casos que existe una escasez de datos experimentales o de bases de datos de suelos, etc., que dificulta la simulación (Boesten, 1991). Sin embargo, resulta una herramienta muy útil para predecir el comportamiento de contaminantes en el medio ambiente, en el proceso de registro de estos compuestos y para desarrollar estrategias en las prácticas agrícolas que cause el menor impacto sobre el hombre y el medio ambiente.

En un estudio realizado en Cataluña para estimar los riesgos de lixiviación de nitratos en suelos agrícolas se compararon dos modelos de simulación (STICS e HYDRUS-1D), con distinto enfoque para resolver el flujo de agua y nitratos en el suelo, en relación a la estimación de los riesgos de lixiviación de nitratos en un medio unidimensional. Para alcanzar este objetivo, se simulan los escenarios de 5 tratamientos experimentales con cultivo de maíz y diferentes dosis y tipos de fertilizante nitrogenado, concluyendo que existe una buena correlación entre las simulaciones que estiman las cantidades de nitrógeno (Poch *et al.*, 2005).

La velocidad y distancia del transporte de los nitratos y la cantidad de los mismos que se detecta en las aguas subterráneas está relacionada con la propiedades hidrodinámicas de la zona no saturada y con los procesos fisicoquímicos, geoquímicos y microbiológicos que tienen lugar en el suelo. La hidrología de la zona no saturada que rige el paso de los nitratos de la superficie al acuífero depende de la humedad del suelo. Los nitratos se ven afectados durante su transporte a través del subsuelo por un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que influyen en su movimiento, transformación y distribución. Entre estos están las reacciones de oxidación-reducción (nitrificación-desnitrificación), los procesos de adsorción y absorción, la volatilización de amoníaco y la mineralización de compuestos nitrogenados.



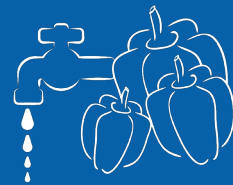
Para el estudio de la evolución de la composición de los suelos lixiviados con solución de nitratos los métodos basados en el análisis de las aguas del suelo pueden presentar inconvenientes derivados de la dificultad del muestreo frecuente en el campo de aguas del suelo a distintas profundidades. La utilización de columnas de suelo inalterado y la reproducción en laboratorio del comportamiento de los compuestos nitrogenados, controlando las condiciones de flujo, la temperatura y las concentraciones de nitratos y demás compuestos, es otra de las metodologías posibles en el estudio de la movilidad y transformaciones de los contaminantes nitrogenados en el suelo; pero solo deben emplearse como complemento al seguimiento de campo. También se estudian modelos para determinar el drenaje en determinadas condiciones de suelo y cultivo; pero requieren de numerosos ensayos para contrastar su validez, como es el realizado en huertos de cítricos en Murcia (Lidón, 1999). El empleo de lixímetros con grandes bloques de suelo inalterado que incorporasen además la variabilidad espacial resolvería los inconvenientes, pero son demasiado costosos (Ruíz *et al.*, 2005). Este ha sido el método de estudio de lixiviación de nitratos elegido para los proyectos de investigación que se han ejecutado en el desarrollo de esta tesis doctoral.

Considerando las limitaciones para realizar mediciones precisas y fiables en las condiciones reales de diferentes sistemas de cultivo y el tiempo y costos asociados, la combinación de la información de la investigación con la experiencia de campo y la aplicación de modelos de simulación demuestra ser una de las alternativas más viables en la actualidad. Es importante la adaptación del manejo a los diferentes niveles tecnológicos de los sistemas de producción, ya sea extensivo o intensivo, al aire libre o en invernadero, considerando su vulnerabilidad según aspectos básicos en las relaciones entre cultivo, clima y suelo (Soto *et al.*, 2011).

La Dra. Yolanda Martínez Martínez, en su tesis doctoral titulada “Análisis económico y ambiental de la contaminación por nitratos en el regadío” defendida el 16 de diciembre de 2011 en la Universidad de Almería, analiza los problemas de contaminación por nitratos en una zona de regadío situada en el valle medio del Ebro desde una perspectiva económica y en un contexto dinámico. El instrumento matemático básico empleado es la programación dinámica o teoría del control óptimo, y para determinar las funciones de rendimiento y contaminación difusa por nitratos utiliza el paquete de simulación de cultivos EPIC, con la idea de que el modelo planteado ayude a la decisión del agricultor sobre las actividades agrícolas ligadas a la gestión del agua y a la contaminación. El agricultor selecciona las asignaciones de fertilizante nitrogenado y de agua de riego a lo largo de un horizonte temporal, sujeto a un conjunto de restricciones de producción y de disponibilidad de factores productivos.

Los modelos de cultivos permiten simular a nivel local las interacciones del sistema suelo-planta-atmósfera y mediante su uso se permite conocer, entre otros parámetros, la producción del cultivo y sus riesgos de contaminación ambiental por nitratos (Poch *et al.*, 2005). Frente a los métodos de medida en campo, el uso de modelos de simulación de los procesos de transferencia de agua y solutos en el suelo permiten estimar, de forma relativamente más rápida, los riesgos de contaminación por nitratos en un suelo agrícola. El problema de los modelos es que al ser estimativos siempre van acompañados de cierto grado de imprecisión, siendo por ello más fiables los métodos de medida directa en campo, empleados en esta tesis.

Uno de los problemas de estos indicadores es que se han desarrollado en países donde las condiciones existentes (propiedades del suelo, pluviometría, irradiación solar, prácticas agrícolas, etc.) son muy diferentes a las de países mediterráneos, como España (Ramos *et al.*, 2000). De ahí la importancia de la presente tesis, ya que los datos obtenidos de varios años tienen su origen en la zona de cultivo.



ESTUDIOS SOBRE NITRATOS Y PRODUCCIÓN

Se ha investigado aspectos tan variados como la influencia del fraccionamiento del N en el rendimiento del cultivo del pimiento (Frontela, 1998), el contenido de nitratos en las hortalizas españolas (Domínguez y Domínguez, 1994), la absorción de nutrientes en melón bajo invernadero (Rincón *et al.*, 1995), la producción y uso del agua en melón (Fernández *et al.*, 1999), todos ellos relacionados con los nitratos y su influencia en la producción.

El efecto de la nutrición y las prácticas agrícolas de cultivo sobre la producción y la calidad del fruto, ha sido ampliamente estudiado en cultivos como el tomate (Del Amor *et al.*, 2001 y Flores *et al.*, 2002). En el caso del melón, se han realizado estudios sobre la influencia de diferentes prácticas culturales como son la nutrición nitrogenada (Frontela y Morejón, 1998; Barta, 2001) y dosis de riego (Bowen y Frey, 2002), sobre el rendimiento de las cosechas. Sin embargo, se disponía de poca información respecto a la influencia de las condiciones de cultivo sobre la calidad del fruto de pimiento, hasta los estudios realizados por la Universidad Politécnica de Cartagena derivados de los ensayos de esta tesis (Artes *et al.*, 2007).

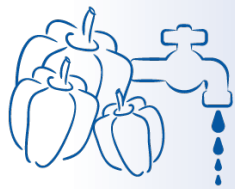
En otro experimento en Italia con lechuga, tomate para industria y melón, incrementando la aportación de N aumentó la producción y el crecimiento del cultivo; pero produjo una disminución lineal de la recuperación aparente de fertilizante nitrogenado. En pimiento la máxima producción comercializable se alcanzó con 310 kg N/ha, con una absorción por el cultivo de 216 kg/ha, el exceso de N mineral en el suelo fue de 223 kg/ha y en los residuos de cultivo en 130 kgN/ha; lo que supone un gran riesgo ambiental, que fue más grande en el cultivo de melón que en el tomate y lechuga (Tei *et al.*, 2002).

La respuesta del cultivo de pimiento 'California' bajo invernadero a los niveles de fertilización (N, P, K) y a dos tipos de agua de riego (0,7 y 2,6 dS/m) se ha estudiado en el CIFA de Almería. El pimiento muestra respuesta positiva al incremento de N, P, K en la concentración de nutrientes; pero con agua de alta salinidad se reduce el tamaño de los frutos (Contreras *et al.*, 2006).

Otro aspecto a tener en cuenta en la aplicación de abonados nitrogenados es que la industria de los fertilizantes minerales se fundamenta en la síntesis química del amonio, proceso que requiere un elevado consumo energético. El amonio, base de los fertilizantes nitrogenados se obtiene exclusivamente por el método denominado Haber-Bosh, que consiste en la reacción directa entre el nitrógeno y el hidrógeno gaseosos $N_2 (g) + 3 H_2 (g) \rightarrow 2 NH_3 (g)$. Esta reacción requiere de una presión de 300 atm y una temperatura entre 400 y 600 °C, por lo que consume mucha energía, cuatro o cinco veces más que la síntesis de fósforo o potasio, suponiendo los fertilizantes nitrogenados más de la mitad del coste energético de los cultivos y un 85% del coste energético de los fertilizantes, de ahí la importancia de hacer un uso eficiente de los mismos en cualquier programa de ahorro y eficiencia energética (I.D.A.E., 2007).

Desde que Adiscott (1995) constatará la mayor concentración de nitratos en las áreas cultivadas y fertilizadas frente a las no fertilizadas, afirmando que la agricultura participa significativamente en la contaminación nítrica, se están estudiando comparativamente los sistemas de cultivos ecológicos y convencionales a distintos niveles, pero sobre todo, en cuestiones de lixiviación de nutrientes. Las principales diferencias entre las agriculturas orgánica y convencional radican en los niveles de nitrógeno añadidos al suelo, siendo en general mucho menor en la primera que en la segunda (Kirchmann y Bergstrom, 2001). Sin embargo, existen resultados contradictorios respecto a este punto.

Algunos estudios han demostrado un potencial más alto de lixiviación de nitratos en cultivos convencionales que en orgánicos (Younie y Watson, 1992; Hansen *et al.*, 2000), mientras que otros no



muestran diferencias significativas en este aspecto (Kristensen *et al.*, 1994; Stopes *et al.*, 2002). Estas discrepancias pueden ser debidas a los diferentes factores que afectan a la concentración y cantidad de lixiviado, tales como, el tipo de suelo, estado y momento en el que se aplica la materia orgánica en el mismo, tipo de fertilizantes nitrogenados aplicados, etc. (Kirchmann y Bergström, 2001).

ESTUDIOS SOBRE EL EFECTO DE DIVERSOS FACTORES EN LA LIXIVIACIÓN DE NITRATOS.

Los estudios encaminados a conocer la influencia que los métodos, sistemas de cultivo o prácticas agrícolas tienen en la contaminación del medio son escasos. Por ello, actualmente es de gran importancia abordar este tipo de estudios a fin de conocer su comportamiento en condiciones reales de campo y poder buscar soluciones que eviten o atenúen el deterioro del medio edáfico y de las aguas subterráneas (Wagenet y Hutson, 1997).

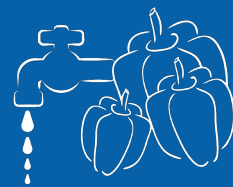
En un estudio realizado en Uruguay durante 4 años con la toma de más de 400 muestras de aguas subterráneas y superficiales en zonas agrícolas para evaluar la presencia de nitratos y sus fuentes de contaminación, se concluyó que las más altas concentraciones de nitratos estaban asociadas a coliformes fecales y no provenían de fuentes agrícolas, sino de fuentes localizadas, como lugares donde se acumula estiércol, zonas de pastoreo intensivo y bebedero de los animales, drenajes de alcantarillados y cámaras sépticas (Perdomo *et al.*, 2001).

Debido a la importancia económica y ecológica de las pérdidas de N se efectuó un estudio en Guanajuato (Méjico), empleando diferentes sistemas de labranza en los que se evaluó la interacción de la fuente de N (nitrato de amonio, NA; sulfato de amonio, SA; urea, U; testigo, T) y rotación de cultivos. Se empleó la técnica de cámaras de incubación en suelo sin perturbar para detectar la pérdida de N_2 y N_2O , que fue significativamente mayor al adicionar fertilizantes N. En los sistemas de labranza cero las emisiones de estos gases fueron significativamente mayores que en los de labranza tradicional y se perdió hasta 21% del N aplicado como fertilizante. Las fuentes de N influyeron notablemente en las cantidades de gas emitido: NA>SA>U>T. Para rendimiento de los cultivos, mejoramiento del suelo y eficiencia de la fertilización nitrogenada, los mejores sistemas fueron los de labranza tradicional con incorporación de residuos, independientemente de la rotación (Grageda-Cabrera *et al.*, 2004).

El efecto del estrés hídrico en diferentes etapas de crecimiento en el cultivo de pimiento bajo invernadero ha sido estudiado por Dagdelen, N. *et al.*, (2004), en Turquía. Se diseñó un cuadrado latino con parcelas aplicándose varios tratamientos de estrés hídrico en distintas etapas de crecimiento (floración, formación del fruto, recolección) y vieron como los diferentes tratamientos afectan de forma significativa a la cantidad y calidad de la cosecha, siendo el periodo más sensible al estrés hídrico el de la etapa de floración.

Otro proyecto demostrativo y educativo con agricultores de Florida consistía en concienciar a los agricultores de un uso racional del agua para evitar pérdidas de la misma y de nitratos, plaguicidas, etc. Añadieron un tinte azul al agua de riego en riego por goteo y aplicaron distintas prácticas agrícolas, determinando cuáles eran las mejores visualizando el movimiento del agua en el suelo (calicatas en las que se veía hasta donde llegaba el tinte) y nitratos y amonio a distintas profundidades para ver como se había lixiviado y como lo había tomado la planta. Concluyeron que con una visión práctica todos los agricultores se comprometieron a hacer un mejor manejo del riego y la fertilización nitrogenada (Simonne, E., *et al.*, 2005).

Como se ve en estas referencias, las investigaciones previas son abundantes en los aspectos que se estudian en este proyecto, no obstante hay que aplicarlas a condiciones locales y además



materializarlas para que su visión en condiciones reales haga más fácil su aprendizaje y adaptación por parte de agricultores y técnicos.

ESTUDIOS DE TÉCNICAS PARA INTERTAR DISMINUIR LA LIXIVIACIÓN DE NITRATOS

La necesidad de conservar la calidad de las aguas de bebida en áreas de especial escasez, como el sudeste español, ha hecho que en los últimos años aumente la investigación dedicada a minimizar, prevenir y remediar la contaminación de los acuíferos de estas zonas. Como medidas de prevención se está potenciando entre otras, aplicación de nuevos formulados de liberación lenta en el medio, modificaciones en los sistemas de cultivo para reducir la dosis de aplicación de los nitratos (control integrado, rotación de cultivos, etc...), así como modificaciones en las prácticas agrícolas, dependiendo del tipo de suelo en cuestión, se estudia el uso de enmiendas orgánicas, tipo y frecuencia de riego, etc.

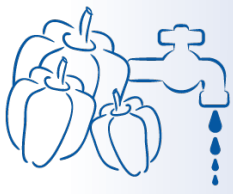
La aplicación de fertilizantes de liberación lenta (urea) antes de la plantación de pimiento de invernadero produce cosechas similares a la aplicación de fertilizantes solubles (nitrato amónico). Se estudió en Auburn (USA) durante tres años y con diversas concentraciones de abonos, concluyendo el efecto positivo sobre el medio ambiente de los fertilizantes de liberación lenta y a un coste asumible por el agricultor (Guertal, 2000).

Una práctica poco estudiada que disminuye la lixiviación de nitratos al aire libre es el acolchado. En un estudio de dos años en Croacia de tres tratamientos en el cultivo del melón: sin acolchado, con polietileno negro y con celulosa biodegradable. Se concluyó que el tratamiento sin acolchado lixiviaba 26 kg N/ha, seguido del acolchado con celulosa (18 kg/ha) y del polietileno negro (10 kg/ha), que además dio mayor productividad por mayor disponibilidad de las plantas de N (Romic *et al.*, 2003).

En experiencias se ha comprobado que determinados compuestos pueden ralentizar el proceso de la nitrificación. Así, en las instalaciones de CIFACITA, en Torre-Pacheco (Murcia) se estudió en un cultivo de melón tipo Piel de Sapo la evolución de los nitratos en el perfil del suelo mediante sondas de succión situadas a dos profundidades distintas, 30 y 60 cm, para dos tratamientos distintos, el primero con fertilización tradicional de la Comarca y el segundo con fertilización amoniacal con el inhibidor de la nitrificación 3,4-dimetilpirazolfoasfato, obteniendo una producción mayor para este segundo tratamiento y una menor lixiviación de nitratos (Alarcón y Egea, 2004).

La misión de la Dirección General de Investigación de la Comisión Europea (http://europa.eu.int/comm/dgs/research/index_en.html) es desarrollar la política de la UE en el campo de la investigación y el desarrollo tecnológico y de ese modo mejorar la competitividad internacional de la industria europea, coordinar las actividades de investigación europeas con las que desarrollan los Estados Miembros; apoyar las políticas de la UE en otros campos como el medio ambiente, la salud, la energía, el desarrollo regional, etc. y así mismo promover un mejor entendimiento y estimular el debate del papel de la ciencia en la sociedad moderna (Bochereau, 2005). Uno de los instrumentos utilizados para la puesta en práctica de esta política son los Programas Marco plurianuales que ayudan a organizar y financiar la cooperación entre universidades, centros de investigación e industrias (<http://www.cordis.lu/en/sitemap.htm#eu-research>). La Comisión ha publicado recientemente sus propuestas para la financiación de la investigación agraria en el futuro Séptimo Programa Marco para la investigación. Uno de los temas propuestos es el cultivo intercalar de leguminosas y cereales y su relación con la lixiviación de nitratos.

El cultivo intercalar de leguminosas y cereales es el tema principal en el proyecto INTERCROP, cofinanciado por la Comunidad Europea. Este proyecto incluye científicos de siete instituciones en



Dinamarca, Francia, Alemania, Italia y el Reino Unido. Bajo las distintas condiciones regionales objeto de estudio, INTERCROP ha demostrado que el uso de cultivos intercalares incrementa tanto los rendimientos anuales como su estabilidad durante varias campañas, aumenta la eficiencia en la utilización de los recursos, especialmente nitrógeno (N), disminuye la presencia de malas hierbas y en algunos años incluso la aparición de enfermedades y plagas.

Generalmente, el cultivo de leguminosas incrementa la lixiviación de nitratos en la rotación. Esto puede ser debido a su menor volumen radicular, su menor necesidad de N del suelo (debido a su capacidad fijadora de N_2 atmosférico) y al mayor contenido de N que generalmente tienen los residuos de leguminosas. En el proyecto Grain Legume Integrated Project (GLIP) financiado por la Comunidad Europea, se evalúa el efecto de la incorporación de residuos de leguminosa en la mineralización de N en el suelo, con un énfasis especial en la lixiviación de nitratos después del cultivo de leguminosas, la utilización de cultivos para capturar el N del suelo y evitar posteriores pérdidas de nitratos y el reciclaje del N para el cultivo posterior.

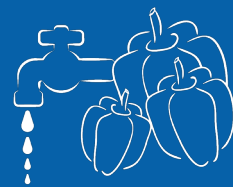
Pese a todos estos estudios y muchos más sobre la contaminación por nitratos, la obtención de datos reales de riego y lixiviado en pimiento de invernadero durante un periodo de siete años consecutivos, lo que constituye el principal mérito y esfuerzo de la tesis, supone un bagaje de conocimientos que es importante transferir al sector. Para realizar esta transferencia con éxito, en primer lugar hay que caracterizar lo existente (tipos de invernaderos, inputs empleados, problemas de contaminación, etc.) y luego se plantea el establecimiento de la parcela demostrativa de las técnicas aprendidas durante este periodo en similares condiciones de suelo y cultivo.

2.4.2.- Ensayos sobre pérdidas de nitratos por lixiviación

Se resumen aquí, por orden cronológico, algunos estudios realizados en nuestro país encaminados a obtener datos sobre las pérdidas de nitratos por lixiviación en los cultivos de regadío, los factores que actúan en las mismas y las técnicas para reducir dichas pérdidas, que nos permitirá tener una visión del estado en que se han desarrollado ensayos y estudios similares a los empleados en esta tesis y de los resultados obtenidos.

En el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (I.V.I.A.), el investigador Carlos Ramos Mompó ha estudiado ampliamente desde hace años la lixiviación de nitrato en algunos cultivos importantes de la Comunidad Valenciana (Ramos *et al*, 2002) evaluando el impacto químico sobre el suelo y el agua subterránea, así como el efecto de las prácticas agrarias sobre la contaminación de las aguas por nitratos (Ramos *et al*, 2001). Se ha constatado suficientemente cómo las prácticas agrícolas tienen un impacto negativo sobre la calidad de las aguas subterráneas, principalmente debido a su salinización y aumento del contenido de nitratos y de plaguicidas, contaminación que depende de la combinación de factores del medio (suelo y clima) y de las prácticas agrícolas, de manera que es imprescindible incidir en ellas para reducir su impacto, sobre todo en la aplicación de fertilizantes, productos fitosanitarios y en el riego (Ramos, 1995). Este autor advierte desde el principio como la lixiviación de nitratos depende de un gran número de factores y no resulta fácil en cada caso concreto determinar cuál debe ser la acción a ejercer para disminuir estas pérdidas sin afectar a la producción de los cultivos (Ramos *et al.*, 1993), apuntando las prácticas en las que se puede incidir:

- Un mejor manejo del abonado nitrogenado y del riego.
- Un mejor conocimiento de las cantidades de nitrógeno que necesitan los cultivos.
- Un conocimiento de los aportes de nitrógeno con los abonados orgánicos.



- Una estimación del aporte de N por otras fuentes como la mineralización de la materia orgánica, los residuos del cultivo anterior y el agua de riego.

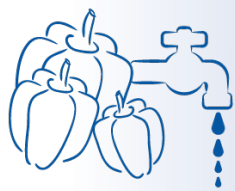
Las prácticas agrícolas que afectan a la lixiviación de nitratos, según estos autores (Ramos *et al.*, 1993), son varias:

- Influencia del abonado: dosis, forma química, época de aplicación, eficiencia de aplicación y utilización por el cultivo y el abonado orgánico.
- Otras fuentes de nitrógeno: los residuos vegetales, el agua de riego y la fijación de nitrógeno atmosférico.
- La influencia del riego y de la lluvia, tanto en el manejo del riego como en la época en que se producen las lluvias.
- La influencia del tipo de cultivo, ya que hay cultivos más eficientes que otros en la utilización de los nitratos. La secuencia de mayor a menor eficiencia es: sistemas forestales>pradera>cereales>cultivos extensivos regadío>cultivos hortícolas, que son los que requieren dosis más altas de abonado nitrogenado y a la vez son poco eficientes en su utilización.
- La influencia del tipo de suelo: textura y contenido en materia orgánica.

El Dr. J. A. Cayuela Sánchez, en su tesis doctoral titulada “Movimiento de agua y lixiviación de nitratos en un suelo bajo monocultivo de maíz”, realizó un estudio del lavado de nitratos en dos parcelas de maíz regadas por surcos y fertilizadas con dosis diferentes de N (510 y 170 kg N/ha, respectivamente). Aplicó diversos modelos para la simulación de los flujos de agua y lavado de nitratos en las parcelas y determinó también el drenaje y el lavado de nitratos en dos líxímetros de drenaje de suelo inalterado cultivados de maíz, regados y fertilizados en las mismas condiciones que el simulador. Los resultados mostraron un buen comportamiento de los simuladores, así como que la mayor cantidad de nitrato lavado se produjo en la parcela con mayor fertilización nitrogenada, resultando los acumulados totales durante la experimentación de 150,69 kg N/ha en la parcela con mayor dosis de abonado (Cayuela, 1996).

En un estudio realizado por la Universidad del País Vasco se evaluó la lixiviación de nitrato en las rotaciones maíz- raigrás italiano y maíz-trébol encarnado, comparando los resultados con una pradera permanente y un barbecho libre de malas hierbas. Con la intención de evaluar la incorporación de los cultivos como medio para disminuir la lixiviación de nitratos, previo a la siembra del maíz, se ensayaron dos manejos diferentes del cultivo de invierno. Tras el período invernal, los tratamientos de raigrás y trébol cobrera perdieron menos nitratos que el barbecho en el perfil del suelo, concluyendo que la pradera es el sistema más efectivo, evitando la lixiviación de nitratos. En los demás tratamientos las concentraciones de NO_3^- en el agua de drenaje superaron las 50 ppm (Báez *et al.*, 1998).

En el Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario de Murcia (C.I.D.A.) hemos podido comprobar en un ensayo de tres años de duración con pimiento tipo “Lamuyo”, cultivar ‘Herminio’ (proyecto I.N.I.A. SC-99-042) cómo la mayoría de las aportaciones de nitrógeno son superiores a las necesidades reales del cultivo de pimiento bajo invernadero, siendo su exceso lavado en una relación directamente proporcional a la cantidad de abono y agua aplicados (Cánovas *et al.*, 2002 a) y cómo con dosis la mitad de las habituales en la Comarca se pueden obtener las mejores producciones con menor impacto medio ambiental y menor coste para el cultivo (Cánovas *et al.*, 2002 b) y que estas menores dosis de abonado mineral nitrogenado no influyen en la calidad ni precocidad de las cosechas (Cánovas *et al.*, 2002 c).



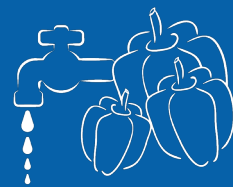
Se estudió la lixiviación de nitratos en una parcela experimental de remolacha azucarera en la Zona Vulnerable de un acuífero cuaternario de Vitoria-Gasteiz. La parcela se equipó con 48 “Tensionic” y se aplicaron seis tratamientos diferentes. A partir del estudio del suelo antes y después del cultivo, del seguimiento de las aguas del suelo, y del balance hídrico se ha evidenciado una notable pérdida generalizada de elementos en el suelo y en el agua, sobre todo de nitratos, debida, en buena medida, a infiltración por exceso de riego. Es evidente que la “vulnerabilidad” a la contaminación por nitratos de origen agrícola no sólo depende de las condiciones intrínsecas inherentes al medio físico (suelo), sino también del tipo y secuencia de los cultivos, del tipo de práctica de abonado, incluyendo riegos, y de las condiciones atmosféricas (Martínez *et al.*, 2003).

En el Centro de Investigación y Desarrollo Agrario de La Rioja se determinó el volumen de agua drenada y la cantidad de nitrato lavado en sistemas agrícolas en el Valle del Ebro, con el objetivo de diseñar estrategias basadas en el aumento de la frecuencia de riego y control de la dosis que permite optimizar el uso de agua y N. Calcularon el drenaje aplicando la ecuación del balance de agua y el lixiviado de nitrato a 1 m de profundidad multiplicando el drenaje semanal por la concentración de la solución del suelo, observando con ambos métodos que la mayoría de las pérdidas de agua y nitrógeno se produjeron durante la fase de trasplante, siendo el segundo método más preciso. Dedujeron que el suelo aportó una gran cantidad de nitrógeno por mineralización que se vio favorecida por las condiciones de humedad y temperatura que proporciona el riego por goteo y el acolchado plástico en el cultivo de tomate y que el lixiviado de nitrógeno siguió la pauta del agua drenada (Vázquez *et al.*, 2003).

En un estudio sobre la estimación de balances hídricos y lixiviación de nitratos en sistemas agrícolas realizado en la Comunidad de Madrid se comprueba como el exceso de fertilización nitrogenada en las prácticas agrícolas constituye una importante fuente de contaminación difusa que contribuye al aumento de la concentración de nitrato en las aguas superficiales y subterráneas y como la precisión en la dosificación de los fertilizantes, el manejo adecuado de los mismos y la optimización de los sistemas de riego, son aspectos que deben ser abordados a fin de minimizar los procesos de lixiviación de nutrientes hacia las reservas de agua (Arauzo *et al.*, 2003). En este trabajo se presenta un procedimiento para el cálculo de los balances hídricos en el suelo, mediante la monitorización en continuo del contenido de agua en la zona radicular y en la zona situada por debajo de la misma mediante la utilización de sondas EnviroSCAN. Esta metodología, combinada con la estimación de la concentración de nitrato en la solución del suelo mediante cápsulas porosas de succión, permitió finalmente evaluar los procesos de lixiviación de nitrato hacia el acuífero. Las capsulas de succión han sido utilizadas en la tesis, como complemento de los datos obtenidos por los lixímetros y para valorar su aplicación por esta parte del agricultor.

Se efectuó por parte de la Universidad de Navarra un experimento de riego para determinar el efecto de diferentes dosis de riego y fertilizante sobre la producción y la calidad del “Pimiento del Piquillo” en Navarra, así como los posibles efectos ecológicos negativos de los lixiviados producidos por el riego en estas condiciones. Se utilizaron seis parcelas, distribuidas al azar, correspondientes a los cuatro tratamientos aplicados: riegos del 70%, del 100% del 130% de la dosis óptima, con abonado y del 100% sin abonado. Se comprobó que la eficiencia en el uso del agua respecto a la producción total es menor cuanto mayor es el riego aplicado (130% de la Etc), resultado que coincide con el obtenido por otros autores que han observado que la eficiencia se ve afectada negativamente por el exceso de riego. Se obtuvieron en este estudio las siguientes conclusiones (Robles *et al.*, 2005):

- El mayor rendimiento se obtiene para el tratamiento con el riego que cubre el 100% de las



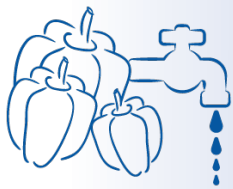
necesidades del cultivo, sin abonado.

- No se han observado diferencias significativas en el rendimiento entre el riego óptimo y el excedentario.
- En el caso del riego al 70% de las necesidades de agua, la eficiencia es elevada pero se consiguen peores resultados referentes a la producción y a la calidad.
- Los elevados niveles de nitrógeno en el suelo pueden llegar a suponer una contaminación de los acuíferos de la zona y, por tanto, se deberían disminuir las dosis y/o programar mejor los aportes.

Los estudios realizados por Thompson y colaboradores sobre la pérdida de nitratos por lixiviación de un cultivo de tomate en suelo bajo condiciones de invernadero realizados en la Finca Las Palmerillas (Almería) llegan a conclusiones parecidas a las obtenidas en nuestros ensayos de pimiento. En su estudio examinaron la contribución de una secuencia de cultivo de tomate en suelo en un invernadero de Almería a la contaminación por NO_3^- , midiendo el drenaje y NO_3^- lixiviado, siguiendo las prácticas habituales en la zona, incluyendo una desinfección química del suelo. Las pérdidas de nitratos por lixiviación fueron de 45 kg N/ha durante la desinfección, 24 kg N/ha durante el trasplante del primer cultivo de tomate, de 38 kg N/ha durante el trasplante y establecimiento del segundo cultivo de tomate, y de 25 kg N/ha durante los últimos 4,5 meses de cultivo posteriores. Este trabajo indica que los suelos tienen un alto potencial para la pérdida de nitratos por lixiviación, atribuible al gran aporte de estiércol realizado de forma habitual, y a una aplicación excesiva de N en forma de fertilizante. Los mayores volúmenes de drenaje se produjeron tras la desinfección del suelo y el trasplante y establecimiento del cultivo, obteniendo durante estos periodos grandes pérdidas de nitratos por lixiviación (Thompson *et al.*, 2005).

En un estudio realizado en el CIFEA de Molina de Segura (Murcia) en colaboración con el IMIDA se procedió a la toma de muestra de suelo inalterado tras la aplicación reiterada de la biofumigación después de 5 años, comparándolo con muestras de suelo inalterado sometidos a la aplicación de bromuro de metilo. Estos suelos se colocaron en columnas de lixiviación, evaluando el volumen de drenaje y la concentración de nitrato, evaluando al inicio y final del cultivo de pimiento la calidad biológica de los mismos mediante el análisis de parámetros biológicos como el ATP, actividad deshidrogenasa y actividades enzimáticas relacionadas con el ciclo del carbono (glucosidasa) y del nitrógeno (ureasa). El volumen total drenado de los suelos sometidos a biosolarización fue de 2.134 ml, con una concentración en nitrato de 0,68 mg/l, frente a 3.949 ml de los de bromuro de metilo concentrado a 2,03 mg/l. En valores absolutos los nitratos lixiviados durante el experimento, de tres meses de duración, fue de 1.453 mg de nitrato para el suelo biosolarizado, y 8.010 mg de nitrato para el suelo desinfectado químicamente (Pascual *et al.*, 2006).

Los factores de gestión que contribuyen a la pérdida de nitratos por lixiviación en cultivo intensivo bajo invernadero han sido estudiados en la Universidad de Almería. La contaminación de acuíferos en Almería asociada al cultivo de invernaderos es importante, siendo los factores que actúan los volúmenes de riego totales excesivos (1/3 de los invernaderos), excesivos volúmenes de agua durante las seis primeras semanas después del trasplante (casi la totalidad de los invernaderos), grandes cantidades de riego para lixiviar sales, solarizar, aplicación de desinfectantes, humedecer antes del trasplante (casi la totalidad de los invernaderos). Asimismo se ha constatado como en los planes de fertilización nitrogenada no se consideraba la aportación de los fertilizantes no minerales, siendo frecuente la aplicación de grandes cantidades de estiércol. Todo ello dio como resultado elevada lixiviación de nitratos, sobre todo antes del trasplante y justo después del mismo (Thompson *et al.*, 2006).



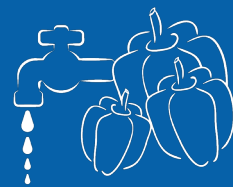
El efecto de la concentración de nitrógeno aplicada sobre los nitratos de la solución del suelo y las pérdidas de nitratos por lixiviación en melón de invernadero se está estudiando en la Universidad de Almería. Se cultivaron dos invernaderos de melón por fertirrigación, uno de ellos con prácticas locales de la zona (10-12 mmol/l de nitratos) y el otro reduciendo un 20% la aplicación de nitratos (7-9 mmol/l). Se usaron tensiómetros para el riego y se recogió el drenaje con lixímetros, obteniendo una cantidad de nitrato lixiviado de 64 y 61 kg respectivamente por ha para una aplicación de 194 y 168 kg/ha. El 80% del drenaje y lixiviación de nitratos ocurrió en las primeras seis semanas, ya que en las últimas etapas hay poco drenaje y las pérdidas en este periodo no se deben al exceso de riego, siendo el contenido de nitratos en el suelo al final un buen indicador de lo que las plantas toman. Estos datos coinciden con los que ya hemos obtenido en los ensayos de la tesis (proyecto INIA RTA04-035).

También en el I.V.I.A. se llevó a cabo un experimento en una parcela de alcachofa regada por surcos con el objeto de determinar la influencia de 4 niveles de N mineral disponible en la lixiviación de nitrato y la producción, viendo un aumento de la lixiviación proporcional al de N mineral disponible y en cambio la producción no aumentó a partir de un determinado nivel de fertilizante disponible (Carpintero *et al.*, 2007).

El equipo de riegos del IMIDA lleva años estudiando la respuesta del cultivo de pimiento de invernadero a diferentes cantidades de materia orgánica y nitrógeno mineral, así como la lixiviación de nitrógeno (Rincón *et al.*, 2007). Del balance realizado se deduce que las pérdidas producidas en los tratamientos en los que se aportó el 100% del N mineral (373 kg/ha) más materia orgánica fue del 18% y del 8% en los que solamente se aportó el 50% del N mineral. Vieron como las cantidades de nitrato lixiviado estuvieron en relación con la cantidad de agua drenada y la cantidad de materia orgánica aportada.

En la Finca Experimental La Poveda (Arganda del Rey, Madrid) se realizó un experimento de tres años consecutivos con cultivo de maíz, en el que se ha estudiado el efecto de las dosis de abonado nitrogenado y de la producción sobre las pérdidas de agua por drenaje durante los años 2002, 2003 y 2004, viendo la importancia de la pluviometría. El 2002 puede considerarse de pluviometría normal o media en la zona, durante el periodo de cultivo (168 mm), el 2003 como seco (63 mm) y el 2004 como húmedo (317 mm). Las dosis de riego aplicadas mediante Pívorot, fueron: 518 mm, 762 mm y 485 mm, durante las campañas 2002, 2003 y 2004, respectivamente. Durante el 2002 (lluvia medio) se observa un efecto claro entre el testigo (menor biomasa y mayor drenaje) y el resto de los tratamientos fertilizados. En el 2003 (seco) también se observa un efecto similar al del año anterior, pero con un drenaje menos acusado. En cambio en el 2004 (lluvioso) el drenaje no se vio prácticamente afectado por efecto de los tratamientos, debido a la abundancia de agua almacenada en el suelo. La producción de materia seca, producción de grano y N absorbido, se vieron afectadas por las dosis de fertilizante nitrogenado aplicadas y el régimen hídrico. En los años 2002 y 2003 con régimen de lluvia medio y seco, respectivamente, a medida que aumenta la producción de biomasa se observa un descenso importante en el drenaje. Sin embargo, en el 2004 (lluvioso) no se origina variación apreciable en las pérdidas de agua por drenaje por efecto de la producción de biomasa como en los años anteriores, debido a que el sistema hídrico se encuentra más equilibrado (Giraldez Cervera *et al.*, 2007).

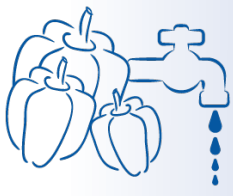
En el Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (I.M.I.D.A.), con financiación del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (I.N.I.A.), dentro del Subprograma Nacional de Recursos y Tecnologías Agrarias en Cooperación con las Comunidades Autónomas y en colaboración con el Centro Integrado de Formación y Experiencias



Agrarias (C.I.F.E.A.) de Torre-Pacheco, que ha cedido los terrenos y sistemas de riego donde se han desarrollado los ensayos, hemos continuado hasta el año 2007 las experiencias de lixiviación de pimiento de invernadero en el Campo de Cartagena iniciadas en 1997 en el C.I.D.A. ensayando en este periodo diversas técnicas de cultivo: ecológico, integrado y convencional, lo que conlleva el establecimiento en los tratamientos de diferencias entre el abonado y la lucha contra plagas y enfermedades. Los resultados obtenidos en la lixiviación, que han servido de base para parte de los datos y conclusiones de esta tesis, confirman que tanto la concentración como la cantidad acumulada de nitratos lixiviados es muy superior en el cultivo convencional (dónde llega a los 300 kg/ha) que en el integrado (215 kg/ha) o en el ecológico (175 kg/ha). Este efecto se acentúa notablemente cuando los riegos comienzan a ser más abundantes, a partir de los 130 días desde la plantación. Las pérdidas de nitratos son similares al inicio del cultivo en los tres tratamientos por la elevada demanda de las plantas de este elemento y volúmenes de riego muy inferiores (Navarro Sánchez *et al.*, 2008).

El investigador Rodney Thompson, del Departamento de Producción Vegetal de la Universidad de Almería, lleva a cabo un proyecto incluido en el Plan Nacional de I+D del Ministerio de Educación y Ciencia sobre la ‘Reducción de la contaminación de acuíferos por nitratos en zonas de producción hortícola intensiva en invernaderos de la costa mediterránea española.’ Realizó un estudio en una Zona Vulnerable a la contaminación por nitratos de Almería midiendo el drenaje y nitratos lixiviados en un cultivo de tomate de invernadero, concluyendo que los suelos de la zona tienen un alto potencial para la pérdida de nitratos por lixiviación atribuible al gran aporte de estiércol que se realiza habitualmente y a una aplicación excesiva de N en forma de fertilizante, obteniendo los mayores volúmenes de drenaje tras la desinfección del suelo y el trasplante y el establecimiento del cultivo en la que influye el empleo de riegos excesivos en estas etapas por los agricultores de Almería para asegurar la humedad del suelo previa al trasplante, con unas pérdidas de nitratos por lixiviación de 45 kg/ha durante la desinfección y 24 durante el trasplante, siendo las pérdidas del resto del año de 63 kg/ha (Thompson *et al.*, 2008).

El Dr. J.S. Rodríguez López, en su tesis doctoral titulada “Cuantificación de las pérdidas de nitratos por lixiviación en cultivos sin suelo en el sureste español” defendida el 15 de diciembre de 2008 en la Universidad de Almería evaluó en cultivos de pimiento, tomate y melón de invernadero durante los años 2005 y 2006 el uso de las concentraciones de absorción como una herramienta que podría ayudar con el manejo de los nutrientes en cultivos en sustrato. En este estudio se realizaron tres cultivos de tomate en lana de roca y un cultivo de pimiento y otro de melón en perlita en invernaderos de plástico en Almería. En cada cultivo, el riego se manejó mediante bandeja de demanda y la concentración de N aplicada en la solución nutritiva se basó en prácticas locales y se tomaron muestras para analizar la concentración de NO_3^- y NH_4^+ tanto en la solución aplicada como en el drenaje. En estos tres cultivos, las fracciones de drenaje fueron de 24% en cada cultivo; los volúmenes de drenaje fueron 86, 58 y 88 l/m². La concentración media de nitrato en el drenaje fue de 14,8, 8,5 y 11,8 mmol/l, que fue equivalente a 918, 527 y 732 mg NO_3^- /l. Dado que el límite impuesto por la Unión Europea (UE) en aguas subterráneas es de 50 mg NO_3^- /l, estos datos y los de pimiento y melón sugieren que el drenaje desde cultivos en sustrato a solución perdida representa una fuente importante de contaminación de acuíferos con nitratos. La cantidad de N lixiviada fue de 178, 69 y 145 kg N/ha. Hubo recuperaciones del nitrógeno aplicado elevadas (63-69%) en los cultivos de tomate de primavera y excelentes (80%) en el cultivo de otoño-invierno. Sin embargo, dado que todo el N no recuperado se perdió, consideran que la lixiviación de nitratos representa una fuente importante de nitrato para los acuíferos subyacentes. Los datos semanales mostraron que las concentraciones más elevadas de NO_3^- en el drenaje ocurrieron cuando la concentración de N aplicado excedía claramente la concentración de absorción de N (Rodríguez, 2008).



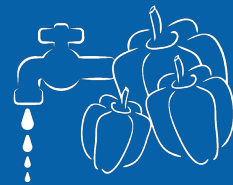
Para los cultivos de pimiento y melón, se obtuvieron fracciones de drenaje de 37% y 29% respectivamente, y volúmenes de drenaje de 178 y 77 l/m² respectivamente. Las concentraciones de NO₃⁻ fueron respectivamente de 11,6 y 10,4 mmol/l (719 y 645 mg NO₃⁻/l), y las cantidades lixiviadas fueron 291 y 109 kg N/ha. La recuperación de N por el cultivo fue de 63% y 72%. Por todo esto concluyeron que el sistema de producción de cultivos hortícolas de invernadero de Almería está asociado a una apreciable contaminación por nitratos en los acuíferos subyacentes, por lo que en consecuencia, es necesario implementar prácticas que reduzcan la lixiviación de nitratos desde los cultivos hortícolas de invernadero, que son las principales fuentes de contaminación de los acuíferos (Rodríguez, 2008).

El uso de las concentraciones de absorción ha sido propuesto como una herramienta que podría ayudar con el manejo de los nutrientes en cultivos en sustrato. Los modelos de simulación que calculan los componentes del balance de agua y N en cultivos de sustrato podrían ser herramientas útiles para el análisis de escenarios y para ayudar con el manejo, estimando las necesidades de agua y las concentraciones de absorción de N. Se comprobó como el modelo combinado TOMGRO-PrHo puede ser usado para realizar análisis de escenarios de impacto ambiental, para estimar las necesidades hídricas a lo largo del tiempo y para simular la concentración de absorción de N, herramienta útil para un manejo óptimo del N (Rodríguez, 2008).

Otro estudio realizado para ver el efecto del agua de riego y abonado nitrogenado en una plantación de tomates en invernadero con lixímetros de drenaje en el que se analizaron cuatro cosechas observó la influencia de la calidad del agua de riego y de la forma de aplicar la lámina de agua de lavado en la acumulación de sales y nitratos en el suelo, llegando a obtener mejor producción en el año en que no se aplicó abonado nitrogenado, consecuencia del abonado residual de los tratamientos de años anteriores (Suárez *et al.*, 2009).

La Dra. M^a Rosa Granados García, en su tesis doctoral titulada “Lixiviación de nitratos desde cultivo de invernadero en suelo en las condiciones de Almería: magnitud, factores determinantes y desarrollo de un sistema de manejo optimizado” defendida el 17 de marzo de 2011 en la Universidad de Almería, realizó un experimento en dos invernaderos con suelo enarenado, típico de la comarca, cada invernadero disponía de dos lixímetros de drenaje libre. En uno de los dos invernaderos se planteó un manejo de cultivo convencional, encaminado a la determinación de la magnitud de la lixiviación de nitratos desde sistemas de cultivo locales y en el otro invernadero se desarrolló un manejo mejorado consistente en evitar un volumen excesivo de riego, considerando estimaciones de evapotranspiración del cultivo y medidas de la humedad del suelo, y evitar un aporte excesivo de N. En la primera parte de la investigación, la nutrición nitrogenada, se basó en la reducción porcentual de la cantidad de N aportada al cultivo respecto a la práctica convencional. Durante la segunda parte de la investigación, en el tratamiento mejorado, se incluyó un aporte de nitratos en base a la predicción de nitrógeno extraído por la planta de forma semanal, calculado mediante un modelo funcional, construido mediante datos determinados localmente durante la primera parte de la investigación, y validado mediante otros ensayos realizados en la zona.

Los resultados obtenidos en el cultivo convencional de tomate concluyen que la mayor cantidad de drenaje y lixiviación de N se produjo durante los riegos asociados al transplante y establecimiento del cultivo (80% respecto al total del ciclo) y como en estos periodos no se aportó fertilización nitrogenada, indica que el lavado de N procedente de una fertilización excesiva de cultivos anteriores. Lo mismo ocurrió durante la desinfección, asociada a la cual se han llegado a perder hasta 38-55 kg de N/ha (Granados, 2011).

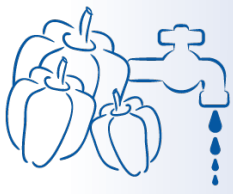


En 2005 y 2006 se desarrollaron dos secuencias de cultivo de melón-pimiento. En cada uno de los cultivos y secuencias se comparó el manejo convencional del cultivo (aplicación de volúmenes de riego equivalentes a un aporte relativo de riego de explotaciones comerciales de la zona multiplicado por valores estimados de ETc) con un manejo mejorado regado en base a ETc estimada con datos históricos utilizando, y ajustando los volúmenes de riego para mantener el potencial mátrico de suelo, medido con tensiómetros, entre -10 y -30 kPa. En el pimiento, desarrollado en 2005, el objetivo del tratamiento mejorado fue reducir el aporte de N en un 20%. En el manejo mejorado de pimiento, el drenaje y el NO_3^- lixiviado fue un 17% y 40% menor, respectivamente, respecto al tratamiento convencional. En el tratamiento mejorado, el drenaje y lixiviación de NO_3^- representaron un 66% y 59% del riego y N aportado, respectivamente. En el tratamiento convencional, el drenaje y lixiviación de NO_3^- representaron un 56% y 53% del riego y N aportado, respectivamente. Al igual que en el cultivo de tomate, las mayores pérdidas se registraron en los periodos sin cultivo o con la planta poco desarrollada suponiendo, durante las tres primeras semanas de cultivo, un 50% tanto del total drenado, como de total de N lixiviado durante el cultivo. Durante los dos cultivos de esta secuencia, melón y pimiento, también se observó una mayor $[\text{NO}_3^-]$ en la solución del suelo en el tratamiento convencional. Sin embargo, en el pimiento mejorado la $[\text{NO}_3^-]$ en la solución de suelo se mantuvo en 9-10 mmol/l a lo largo de su desarrollo (Granados, 2011).

En resumen, en esta tesis se obtuvieron apreciables volúmenes de drenaje y pérdidas de nitratos por lixiviación asociadas con la práctica de manejo de convencional de este sistema hortícola. Los factores que contribuyen en mayor medida parecen ser la acumulación de nitratos en el suelo procedente de aplicaciones previas de estiércol y cultivos desarrollados anteriormente, y el drenaje asociado con la desinfección química de suelo, riegos pre-transplante y riegos excesivos aplicados durante el establecimiento del cultivo, y en menor medida riegos excesivos después del establecimiento del cultivo. Las concentraciones de nitratos obtenidas en el drenaje siempre fueron superiores al límite establecido por la Unión Europea en 50 mg NO_3^-/l , lo cual indicaba el alto potencial de contaminación de acuíferos por nitratos procedentes de este sistema hortícola. Prácticas de manejo mejoradas fueron evaluadas con el resultado de apreciables reducciones en el drenaje y cantidad de NO_3^- -N lixiviado, sin afectar a la producción. El manejo desarrollado en esta tesis, basado en la modelización del aporte de riego y nitrógeno resultó particularmente efectivo y con un alto potencial para la obtención de mejores resultados. En este trabajo se demostró que existe un considerable potencial para el desarrollo y uso de sistemas de manejo mejorado de cultivos, que permitirán reducir el aporte de agua y N, obteniendo una gran reducción en la contaminación de acuíferos por NO_3^- , procedentes de este sistema hortícola.

En varios estudios se han desarrollado prácticas de manejo de riego y fertilización nitrogenada, en cultivos intensivos, para minimizar las pérdidas de nitratos optimizando producción y calidad. En primer lugar se consideran prácticas de manejo prescriptivas, considerando volúmenes de riego y aporte de N ajustados a la demanda del cultivo, obtenidos mediante modelización utilizando la información de cultivos desarrollados anteriormente bajo condiciones similares. En segundo lugar se propone considerar un manejo correctivo, mediante el uso de sensores que indican el estado de humedad y concentración de nitratos en el suelo durante el desarrollo del cultivo (Thompson *et al.*, 2012).

En 2006 se desarrolló un cultivo de pimiento en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar. La prescripción de las necesidades de riego se basó en la evapotranspiración del cultivo, y la prescripción del N absorbido por la planta en el modelo Nup desarrollado por Granados (2011). Para el manejo correctivo se utilizaron tensiómetros para mantener una humedad adecuada en el suelo, y



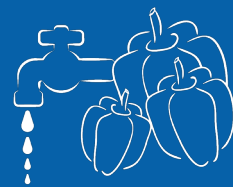
sondas de succión para mantener constante la concentración de nitratos en la solución de suelo y un nivel de salinidad adecuado, durante el desarrollo del cultivo. Como resultado, se redujo el volumen de riego desde 355 mm en el tratamiento convencional hasta 296 mm en el tratamiento con manejo prescriptivo-correctivo, y una reducción del volumen drenado de casi un 50%. El uso de prácticas prescriptivas-correctivas de riego y aporte de N supuso una reducción de 176 kg N/ha en el N aportado, lo que equivale a un 35% del N aportado en el tratamiento convencional. La concentración de nitratos en el drenaje del cultivo con tratamiento mejorado fue 8,5-12 mmol/l, mientras que en el tratamiento convencional alcanzó hasta 19 mmol/l, y se redujo de manera importante la cantidad de nitrato perdida por lixiviación, hasta un 40% respecto al tratamiento convencional (Thompson *et al.*, 2012).

Considerando, como método de monitorización del estado de N en el suelo, el uso de sondas de succión, la concentración de nitratos en la solución del suelo se mantuvo en 8-12 mmol/l, durante la mayor parte del periodo de cultivo, mientras que en el tratamiento convencional se mantuvo en 14-24 mmol/l. La producción de fruto, biomasa y absorción de N en el tratamiento con un manejo prescriptivo-correctivo fue similar a la obtenida en el tratamiento convencional, indicando que concentraciones de 8-12 mmol/l en la solución del suelo no son limitantes para el desarrollo del cultivo, y que es posible ajustar el aporte de N a las necesidades del cultivo, obteniendo una importante reducción de nitrato perdido por lixiviación.

En dos ensayos de pimiento en el Centro La Mojonera, Almería (campaña 2007/08 y 2008/09) se estableció un diseño experimental en bloques al azar con dos tratamientos y dos repeticiones. Se instalaron cinco sondas de succión para obtener la solución del suelo y dos tensiómetros para establecer y corregir la dosis de riego en función de las lecturas del potencial matricial del suelo por repetición. Durante los ensayos se establecieron dos tratamientos de fertirrigación: tratamiento convencional, en el que se siguieron prácticas habituales de la zona y tratamiento de manejo controlado, en el que las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados se fueron corrigiendo durante el ciclo de cultivo intentando ajustar los niveles de NO_3^- en la solución del suelo en torno a los valores dados por sondas de succión (Fernández *et al.*, 2012). El objetivo de la estrategia fue mantener el contenido de nitratos en el suelo en un rango determinado. La cantidad de nitrógeno total (nitrítico + amoniacal) aportada al cultivo en el tratamiento convencional fue de 388,6 kg/ha, mientras que el tratamiento de manejo controlado fue de 297,5 kg/ha en el ciclo 2008/09. Esto supuso una reducción en el aporte de nitrógeno en el tratamiento de manejo controlado con respecto al tratamiento convencional en la solución nutritiva del 24%, siendo el volumen de riego aportado en ambos tratamientos de 328,5 mm. Los resultados muestran, en línea con nuestra tesis doctoral, que hay un margen importante para la reducción de las cantidades de N sin repercusiones significativas sobre la producción, sugiriendo los autores que la concentración de nitrato en la solución del suelo puede ser un buen indicador para un manejo ajustado de la cantidad de N a aplicar a los cultivos y como concentraciones de NO_3^- de 8 a 12 mmol/l para pimiento no afectan significativamente ni a producción ni a calidad del fruto (Fernández *et al.*, 2012).

Para un manejo ajustado de la cantidad de N al cultivo se debe reducir al máximo la cantidad de NO_3^- en la etapa final del ciclo de cultivo para evitar lixiviaciones en los riegos posteriores de lavado, desinfección y preplantación. Estas propuestas de actuación pueden significar un ahorro del 25% al 35% de la cantidad de fertilizante nitrogenado aportado, con el consiguiente ahorro económico y beneficio ambiental (Fernández *et al.*, 2012).

La Consejería de Agricultura y Agua, a través del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA), ha finalizado un proyecto del VI Plan Nacional de



Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011 (I+D+i), cuyos trabajos han culminado con la reciente publicación de una tesis doctoral titulada “Estrategias de fertilización foliar nitrogenada en pimiento”, de la doctora Paula Cuadra Crespo. Se estudiaron diferentes dosis y frecuencias de aplicación de urea foliar mientras se reducía significativamente (hasta en un 70%) el aporte de nitrógeno por vía radicular. Mediante esta técnica las plantas se adaptan a la nueva disponibilidad, incrementando la eficiencia en la aplicación y uso del nitrógeno, al ser la urea absorbida, transportada y metabolizada rápidamente en las plantas, revelando el estudio la importancia de las óptimas condiciones ambientales para su aplicación, con el fin de evitar pérdidas por volatilización o toxicidad (Del Amor Saavedra, comunicación personal, 2013).

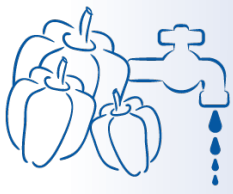
La relación entre el agua aplicada y la lixiviación de nitratos es directamente proporcional, como hemos podido comprobar sobradamente tras siete años de ensayos de distintas dosis de abonado mineral nitrogenado en lixímetros de drenaje en un cultivo de pimiento de invernadero (proyectos INIA SC-99-042 y RTA04-035), además de suponer una mala práctica del riego la pérdida de este valioso recurso. No obstante muchos agricultores siguen regando “a ojo”, de ahí la importancia de materializar los resultados de la aplicación de agua de riego, con la visión conjunta de sistemas tradicionales (tensiómetros, sondas de drenaje, cubeta tipo A) con sistemas más modernos (estación de radiación, TDR).

A pesar de las numerosas referencias estudiadas sobre lixiviación de nitratos, la lixiviación in situ de nitratos en cultivos de invernadero es una materia muy escasamente estudiada en nuestro país, y está principalmente vinculada a la mejora en la eficiencia del uso del agua y la fertilización y no considera el efecto sobre la producción, de ahí la importancia de estudiarlo en la presente tesis (lo que es posible gracias a que se dispone de los lixímetros de drenaje), tanto para llenar el vacío de información existente como en la necesidad de avanzar en el conocimiento sobre el comportamiento de estas sustancias en el agua de drenaje y en un cultivo concreto como es el pimiento de invernadero.

2.5.- LEGISLACIÓN SOBRE LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS Y SU APLICACIÓN EN LA REGIÓN DE MURCIA

2.5.1.- Los nitratos en las aguas de la Región de Murcia

La Región de Murcia está formada por una sola provincia dividida administrativamente en 45 municipios, ocupa una extensión de 11.150 km² (2,2% de la superficie de España) de la que el 98% corresponde al ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Segura (C.H.S) y el 2% restante a la del Júcar. En relación al ámbito de la Cuenca Intercomunitaria del Segura, su superficie de 18.870 km², se reparte mayoritariamente entre la Región de Murcia (59%) y, en menor medida, entre las Comunidades Autónomas de Castilla-La Mancha (25%), Andalucía (9%) y Valencia (7%). La principal demanda de agua en la Región corresponde a la agricultura de regadío, destacando la Vega del Segura, el Valle del Guadalentín, el Campo de Cartagena y la zona de Mazarrón-Aguilas. En concreto, según el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura, la demanda agraria total bruta asciende a 1.662 hm³/año, y la neta a 1.423 hm³/año, lo que supone unas dotaciones medias de 6.176 y 5.288 m³/ha año respectivamente (superficie neta de cultivo de 269.029 ha), magnitudes que pueden considerarse verdaderamente reducidas, y que dan idea del excelente aprovechamiento global de las aguas en la cuenca del Segura. La demanda urbana asciende a 217 hm³/año, de los cuales 192 hm³/año son atendidos por la Mancomunidad de Canales del Taibilla, y el resto son atendidos por recursos propios de la cuenca. En cuanto a la demanda industrial, el total estimado es de 45 hm³/año, de los que 26 están incluidos en la demanda urbana a través de redes, y 19 serían estrictamente industriales (C.H.S., 1997).



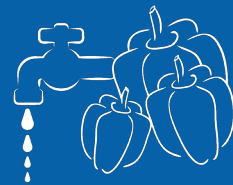
Los acuíferos de la Región de Murcia pueden agruparse en cinco grandes conjuntos atendiendo al dominio o zona geológica al que pertenecen: Prebético, Subbético, Bético, Segura-Guadalentín y Campo de Cartagena. La unidad del Campo de Cartagena, donde se ubica el invernadero donde se han desarrollado los ensayos de la presente tesis, se extiende entre las provincias de Murcia y Alicante y ocupa una extensión próxima a los 1.600 km². Constituye una de las depresiones post-orogénicas de las Cordilleras Béticas ocupada por un potente relleno neógeno-cuaternario, predominantemente margoso, de más de 1.000 m de espesor, en el que se dan intercalaciones de conglomerados del Tortoniense, calcarenitas bioclásticas del Andaluciense y areniscas del Plioceno. Los materiales más modernos corresponden a los limos, gravas y arcillas del Cuaternario. Todos estos materiales definen los acuíferos del Campo de Cartagena a los que hay que añadir los mármoles triásicos de la Sierra de las Victorias, tratándose por tanto de un acuífero multicapas. El balance del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura según datos de la Confederación Hidrográfica del Segura (C.H.S., 1997) define una situación de equilibrio con entradas totales de 65 hm³/año (15 hm³/año de retornos de riego) y unos bombeos en año normal de 60 hm³/año con los 5 hm³/año restantes de salidas al mar. Las reservas ascienden a unos 1.600 hm³ estimándose en 1.300 hm³ las económicamente explotables.

La calidad de las aguas subterráneas de la Región de Murcia está relacionada con la gran diversidad y complejidad existente en cuanto a características geológicas y una climatología desigual. La calidad natural de las aguas subterráneas puede verse alterada por las siguientes actividades:

- Sobreexplotación con descensos persistentes e importantes de la superficie piezométrica del acuífero, lo que ocasiona la extracción de aguas profundas más mineralizadas y la movilización de aguas salinas que frecuentemente se sitúan en las zonas próximas a los límites evaporíticos de los acuíferos, relativamente frecuentes en amplias zonas de la cuenca.
- Aplicación de fertilizantes y vertido de purines o aguas procedentes de explotaciones ganaderas sobre acuíferos libres y con el agua relativamente somera, que ocasiona un incremento de la mineralización del agua subterránea y, especialmente, un aumento de contenido en nitratos. En sentido contrario actúa el riego con aguas superficiales de buena calidad (procedentes de la cuenca alta o del Trasvase Tajo-Segura) en amplias áreas de la cuenca baja, ocasionando un efecto benéfico para algunos acuíferos, con mejoras de la calidad y contención o incluso eliminación de procesos de intrusión salina.
- Vertidos industriales o urbanos que deterioran la calidad de las aguas a nivel puntual y, en algunos casos, de forma zonal.

La calidad química de las aguas del Campo de Cartagena, es muy variada, debido a la complejidad hidrogeológica de esta Unidad, existiendo desde aguas potables en el acuífero Tortoniense Septentrional (salinidad inferior a 1.000 mg/l) hasta aguas inútiles para riego en ciertos puntos del acuífero Cuaternario donde se observan las mayores salinidades (entre 2.500 y 6.000 mg/l). Los valores de salinidad en el acuífero Plioceno se encuentran comprendidos entre 2.500 y 3.200 mg/l. El acuífero Andaluciense presenta valores que oscilan entre 1.000 y 4.000 mg/l. Finalmente, el acuífero del Triásico de las Victorias tiene salinidades sobre los 2.500 mg/l. La mayor parte de los puntos presentan elevados contenidos en sulfatos, cloruros y sodio. De forma más o menos zonal, los acuíferos Cuaternario y Plioceno sufren el fenómeno de intrusión marina que también se observa en el acuífero Andaluciense aunque de forma puntual (Senent y Martínez, 2001).

La explotación intensiva que se efectúa en los acuíferos de la Región de Murcia es una de las mayores de todo el territorio nacional, debido a que la precipitación media en la cuenca del Segura es la más baja de las grandes cuencas peninsulares. El clima, donde se dispone de agua suficiente, ayuda



a obtener rendimientos agrícolas muy altos siendo la agricultura uno de los pilares económicos de la Región de Murcia. En la mayor parte de las unidades hidrogeológicas, el agua subterránea se usa casi exclusivamente para la agricultura, dada la existencia de un sistema de abastecimiento regional superficial (Mancomunidad de Canales del Taibilla), con un origen de los recursos exterior a la Región de Murcia aunque dentro de la cuenca. Según el Libro Blanco del Agua Subterránea la superficie de riego atendida exclusivamente con aguas subterráneas se cifra en 142.769 ha con un volumen suministrado de 571 hm³/año, lo que supone una dotación media de 4.700 m³/ha año, una de las más bajas de las cuencas hidrográficas españolas. El uso industrial de las aguas subterráneas (6 hm³/año) es similar al de abastecimiento.

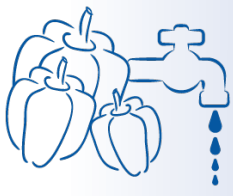
ESTUDIOS SOBRE EL CONTENIDO DE NITRATOS DE LAS AGUAS EN LA REGIÓN DE MURCIA.

Existen diversos antecedentes bibliográficos que analizan la situación del contenido en nitratos en la Región de Murcia y/o en la cuenca del Segura y todos ellos, en síntesis, vienen a coincidir en el hecho de aceptar que la situación de las aguas subterráneas respecto al contenido en nitratos puede considerarse aceptable hasta hace unos años. A continuación se destacan los principales resultados obtenidos en estos estudios.

En Instituto Tecnológico y Geominero de España (I.T.G.E., 1993) se realiza un estudio para la Región de Murcia sobre el contenido en nitratos en los abastecimientos urbanos con aguas subterráneas. Los datos analizados corresponden a dos campañas de muestreo (junio-julio de 1991 y febrero de 1992), en 22 puntos de agua con 40 análisis efectuados. La principal conclusión de este trabajo es que la situación de los abastecimientos urbanos con aguas subterráneas es aceptable en cuanto al contenido en nitratos se refiere ya que, en los pocos casos (15%) en los que se superan los límites máximos permitidos de 50 mg/l, los contenidos en nitratos no son muy elevados (entre 50 y 60 mg/l).

El informe del I.T.G.E. (1996), realizado para la Secretaría de Estado de Aguas y Costas del Ministerio de Medio Ambiente, determina por comunidades autónomas las masas de agua que se encuentran afectadas, o en riesgo de estarlo por aportación de nitrato de origen agrario. La información de partida para la elaboración de este informe corresponde a la Base de Datos de Calidad del propio Instituto Geológico y Minero de España, con un total de 1.259 medidas de nitratos en una red de 89 puntos para la Comunidad Autónoma de Murcia en el periodo 1986-1996. Entre las conclusiones se cita que la situación de las aguas subterráneas de Murcia respecto al contenido en nitratos puede considerarse, en conjunto, relativamente aceptable y que los principales problemas se centran en las unidades hidrogeológicas del Valle del Guadalentín y Campo de Cartagena. Respecto a la primera se identifica un área próxima a la localidad de Lorca y, en el caso del Campo de Cartagena se determina como vulnerable la unidad hidrogeológica en su totalidad.

En un estudio realizado por la Universidad de Murcia en colaboración con la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia, titulado “Aplicación en la Región de Murcia de la Directiva 91/676/CEE sobre la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura. Estado de la contaminación por nitratos de las aguas continentales y litorales” (Senent y Martínez, 2001) se designaban las zonas vulnerables en la Región y respecto al Mar Menor se concluía que los niveles de compuestos nitrogenados en las aguas subterráneas del Campo de Cartagena, su situación de drenaje hacia la laguna del Mar Menor, el incremento en los niveles de nutrientes detectados en la laguna a raíz de los cambios en la actividad y usos agrícolas del Campo de Cartagena y las alteraciones en la red trófica lagunar producidas como



consecuencia de todo ello, recomiendan que dicha superficie territorial sea objeto de un seguimiento detallado por los riesgos a los que está sujeta, en el marco de la filosofía marcada por la Directiva 91/676/CEE, de 12 de diciembre, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos de origen agrícola.

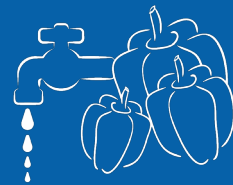
El Ministerio de Medio Ambiente, a través de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas elaboró en 2001 el estudio titulado “Caracterización de las fuentes agrarias de contaminación de las aguas por nitratos”, colaborando en el todos los miembros del Grupo de Trabajo Ministerial para Control y Seguimiento de la Directiva 91/676/CEE. En este estudio se obtuvieron datos a nivel Nacional de la concentración de nitratos en las aguas subterráneas y superficiales, de las masas de agua afectadas por contaminación de nitratos, de las zonas regadas y el origen de las aguas empleadas y del balance de nitrógeno por término municipal (aportaciones de abonado de los cultivos y extracciones). El estudio del balance de nitrógeno fue muy amplio, ya que tuvo en cuenta el nitrógeno aportado por la fertilización mineral, por los fertilizantes orgánicos, por el pastoreo de ganado, por las aguas de riego, por las semillas, por la fijación biológica y por la deposición atmosférica, y en cuanto al nitrógeno extraído por los cultivos se tuvieron en cuenta las extracciones de los cultivos, de la emisión de gases procedentes de los suelos y de la emisión de gases de la volatilización. Los datos de balance de nitrógeno global (diferencia entre aportaciones y extracciones globales) obtenidos para la Cuenca del Segura dan unos valores no demasiado elevados de sobrantes de nitrógeno, no obstante, dada la amplia variedad de facies, litología, aguas de riego y cultivos de esta área, se pueden enmascarar problemas puntuales de contaminación por nitratos. Localizan tres zonas problemáticas: la Comarca del Río Segura, la Comarca Meridional de Alicante y los alrededores del Mar Menor (municipios de Pilar de la Horadada, San Javier, San Pedro del Pinatar, Los Alcázares y Cartagena). En esta última zona observan la existencia de valores medios-altos de nitrógeno, siendo los aportados de las aguas de riego (38%), de los fertilizantes (29%), del pastoreo de ganado (11%) y el resto de otras fuentes.

Todos estos estudios llevaron a determinar como la más adecuada para la ubicación de los ensayos de esta tesis la zona regable del Campo de Cartagena.

2.5.2.- El problema del Mar Menor

En el Mar Menor confluyen numerosos intereses y usos, al tiempo que ha sido objeto de agresiones de todo tipo a lo largo de su historia reciente (terrenos ganados al mar, apertura de golas artificiales, vertidos de desechos mineros, desarrollo urbanístico incontrolado, construcción de puertos deportivos, creación de playas artificiales, etc.). Como ambiente emblemático por sus valores paisajísticos, ecológicos y culturales en la Región de Murcia, en la que está ubicado, presenta un elevado interés turístico y para actividades recreativas, al tiempo que sigue soportando una actividad pesquera.

La elevada evapotranspiración potencial de la zona, próxima a 900 mm, conduce a un déficit en el balance hídrico que excede los 60.000 m³/km² (Senent y Martínez, 2001). Las condiciones hídricas que esto implica condicionan el funcionamiento del Mar Menor y que se comporte como una cuenca de concentración. En la laguna desembocan varias ramblas (hasta una veintena) pero, debido a la intensa evaporación y a las tasas de infiltración, tradicionalmente solo aportaban aguas en situaciones de lluvias intensas. Sin embargo, tras la puesta en regadío del Campo de Cartagena a raíz del trasvase Tajo-Segura y la subida del nivel freático, la rambla del Albuñón, que es el principal colector de la cuenca, presenta actualmente un flujo continuo de agua, con el correspondiente aporte hacia la laguna.



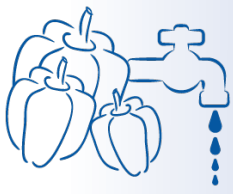
La puesta en regadío del Campo de Cartagena tras el Trasvase Tajo-Segura ha supuesto un cambio drástico en los usos del agua y ha reducido la utilización de los acuíferos subterráneos hasta hace pocos años intensamente explotados. Aunque los volúmenes trasvasados han seguido una pauta irregular y han sido inferiores a los previstos inicialmente, el incremento de las superficies de regadío ha seguido una tendencia prácticamente ininterrumpida, pasándose de unas 11.000 ha en 1970-1980 a las 42.000 ha actuales. Como consecuencia del origen de las aguas que están alimentando los acuíferos cuaternario y plioceno, estos presentan un elevado contenido en nitratos procedentes de la agricultura, con valores máximos superiores a los 300 mg/l y valores medios en el periodo 1995 a 1999, superiores a los 225 mg/l. Las zonas con mayor concentración se sitúan en los márgenes de la laguna, y especialmente en el área comprendida entre las ramblas del Albuñón y del Beal (Senent y Martínez, 2001).

Las aguas del Mar Menor eran hasta el comienzo de la década de los 2000 relativamente claras y oligotróficas. Los niveles de nutrientes eran bajos distinguiéndose dos fases bien diferenciadas, una de aguas claras y limpias, con niveles de nutrientes y clorofilas bajos, que duraba casi todo el año, y otra de aguas más turbias, centralizada en los meses de fin de verano, que se producía como consecuencia de un aumento de la productividad y con picos poblacionales de zooplancton (Gilbert, 1992). Únicamente en puntos localizados (desembocadura de la rambla del Albuñón, proximidades de la ciudad del Aire y Academia General del Aire en La Ribera, zonas de influencia antrópica de la isla Perdiguera) se observaban proliferaciones de algas nitrófilas como consecuencia de la entrada de nutrientes de origen antrópico.

Por otra parte, las deficiencias en la infraestructura sanitaria, especialmente de alcantarillado, en los núcleos de población ribereños, se reflejaba en los altos niveles de coliformes fecales que llegan a detectarse en los meses estivales y que en ocasiones han superado las 100 cel/100 ml, haciendo las aguas inadecuadas para el baño de acuerdo con la legislación vigente. En este sentido las zonas más conflictivas se situaban en el área de Santiago de la Ribera y en las desembocaduras de algunas ramblas como las de Los Alcázares y El Albuñón.

Con el incremento de la presión urbanística y, sobre todo, con la puesta en regadío del Campo de Cartagena, las entradas de aguas de origen urbano y agrícola han alcanzado niveles hasta ahora desconocidos en la laguna. Los datos disponibles muestran entradas altas de nutrientes y niveles que hacen ahora del Mar Menor un ambiente eutrófico. Los nitratos llegan a superar los 6'5 $\mu\text{g-at N/l}$. Las entradas de productos nitrogenados van asociadas, principalmente, a las aguas con origen agrícola (así como a las salinas de San Pedro), y penetran en la laguna a través de las principales ramblas (sobre todo la del Albuñón). Todo conduce a concluir que las entradas de nitratos están relacionadas con la actividad agrícola y los cambios en la calidad de las aguas subterráneas (Senent y Martínez, 2001).

A mediados de la década de 1980, dos especies alóctonas de medusas (*Rhizostoma pulmo* y *Cotylorhiza tuberculata*) penetraron en la laguna desde el Mediterráneo (Pérez-Ruzafa, 1989) sumándose a la especie autóctona *Aurelia aurita*. *C. tuberculata* muestra un ciclo anual, con una explosión a mediados de junio y máximos poblacionales a mediados de agosto (con abundancias medias que se sitúan entonces alrededor de 40.000.000 de individuos), siendo esta medusa, tanto por número de individuos como por época de aparición, la más molesta y perjudicial para las actividades humanas. La enorme proliferación de estas medusas se explica porque en la actualidad las tres especies cierran su ciclo biológico en el interior de la laguna, pareciendo estar asociado el éxito de estas especies para sobrevivir, reproducirse y proliferar como lo están haciendo, al aumento de los vertidos de nutrientes (nitratos y fosfatos) provenientes de la actividad agrícola (a través de las ramblas litorales) y los vertidos de aguas residuales (Senent y Martínez, 2001).



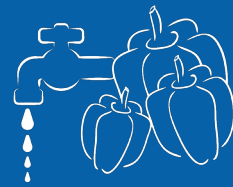
En el Departamento de Ecología e Hidrología de la Universidad de Murcia afirman que el incremento de los drenajes agrícolas en el Campo de Cartagena se manifiesta con el ascenso de los niveles piezométricos de los acuíferos, pero también de forma particularmente relevante con un sustancial incremento de la aportación de nutrientes al Mar Menor, que ha alterado el carácter oligotrófico de sus aguas, comenzando a eutrofizarlo. Consideran que el proceso de eutrofización de la laguna supondrá una progresiva banalización de los ecosistemas asociados (Esteve Selma, 2003).

El departamento de Ecología e Hidrología de la Universidad de Murcia, ha realizado un estudio titulado “Estimación de la contaminación agrícola en el Mar Menor mediante un modelo dinámico” (Esteve y Martínez, 2005), en el que simulan el comportamiento del Mar Menor desde 1970 hasta la actualidad sobre una base mensual e incluyen variables de nivel, que representan acumulaciones en el sistema, como la superficie de riego al aire libre o la cantidad de nitrógeno de origen agrícola existente en la cuenca, y variables de flujo, que representan las entradas y salidas de dichas variables de nivel, como la exportación de nitrógeno hacia el Mar Menor. El modelo también incluye algunas variables exógenas (recursos hídricos trasvasados y precipitación mensual) y diversas tasas y parámetros como los relativos a los aportes de fertilizantes y los coeficientes de lixiviación y de retención en la cuenca.

Observan como en los últimos años se ha generalizado la instalación en el Campo de Cartagena de plantas desaladoras, de las que actualmente se calcula existen unas 1.000 (COAG, comunicación personal), para tratar aguas salobres de pozos. La desalación genera un vertido de salmueras enriquecidas en nutrientes por el propio proceso de concentración de sales a partir de un agua de origen muy contaminada ya en nitratos (hasta 300 mg/l en el acuífero Cuaternario) y por la adición de diversas sustancias ricas en fósforo. La irrupción de la desalación de agua subterránea en el Campo de Cartagena cabe interpretarla como un proceso acelerador de la conexión entre el Sistema Acuífero y la laguna que actúa como receptor último de los flujos superficiales y subsuperficiales (Esteve y Martínez, 2005). Si se extrapolan los datos que estos autores estimaban para 35 desaladoras que contabilizaban en la época a las 1.000 que se calcula existirían en la actualidad en el Campo de Cartagena, el vertido ascendería a unas 2.850 toneladas anuales de nitrógeno y unas 140 toneladas anuales de fósforo, un valor muy significativo.

Consideran que el aumento de la superficie de regadío genera un notable aumento de la entrada de nitrógeno y fósforo de origen agrícola al Mar Menor en las últimas décadas, hasta situarse en el año en que se realizaron estas estimaciones (2005) en unos valores medios anuales en torno a las 2.000 toneladas anuales en el caso del nitrógeno y 60 toneladas anuales en el caso del fósforo, cifras muy importantes si se considera el volumen de la laguna, su grado de confinamiento y el origen oligotrófico de sus aguas. Por otra parte, las precipitaciones importantes y avenidas reducen el tiempo de residencia de los fertilizantes agrícolas en la cuenca, generando un efecto de lavado que puede dar lugar a exportaciones masivas de nutrientes, sobretudo en el caso del nitrógeno, dada su mayor movilidad (Esteve y Martínez, 2005).

Concluyen estos autores que la exportación final de nutrientes presenta un carácter claramente dinámico que depende tanto de factores exógenos, principalmente de las precipitaciones, como de factores endógenos, como es el nivel de fertilizantes agrícolas acumulados en la cuenca. Señalan que la proliferación de medusas, que tanto preocupa a la opinión pública y a la Administración Regional, no es más que un indicador de un proceso de eutrofización, que es la verdadera amenaza para la laguna. Consideran que la contención o reducción de la población de medusas, si no va acompañada de medidas que atajen la contaminación agrícola difusa, no conseguirá eliminar los problemas de fondo, que podrían manifestarse recurrentemente a través de otros indicadores como proliferaciones masivas de microorganismos, algas y diversos invertebrados coloniales, un fenómeno ya registrado puntualmente con anterioridad en el Mar Menor.

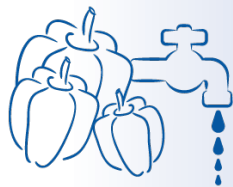


En este contexto indican como cobran toda su importancia diversas iniciativas tanto correctoras como preventivas encaminadas a minimizar el flujo de nutrientes a la laguna. Como medidas correctoras destacan el proyecto llevado a cabo por la Confederación Hidrográfica del Segura de reutilización parcial de los drenajes agrícolas para utilizarlos de nuevo, previa desalación, como agua de riego. Este proyecto estiman que supondría, una vez en marcha, la recirculación de aproximadamente el 10% de los fertilizantes contenidos en los drenajes agrícolas, aunque no logrará su eliminación efectiva. Mencionan la viabilidad de la utilización de dos humedales naturales todavía funcionales del entorno de la laguna (Marina del Carmolí y Playa de la Hita) para la retención y eliminación del nitrógeno y fósforo de diversas fuentes, fundamentalmente de las salmueras y de parte de los drenajes agrícolas, a la vez que se potenciarían los valores ecológicos y naturalísticos de dichos humedales. Junto a las medidas correctoras comentadas consideran que son necesarias otras medidas de carácter preventivo como la reducción de los aportes o la adopción de un código de buenas prácticas agrarias en el Campo de Cartagena. Otras medidas igualmente imprescindibles para estos autores pasan por la aprobación de las Directrices de Ordenación del Mar Menor, la regulación de los usos turísticos, residenciales y agrícolas en el Mar Menor y su entorno, la exclusión de nuevos incrementos de la superficie de regadío así como la rehabilitación ambiental y ecológica tanto del Campo de Cartagena como del litoral (Esteve y Martínez, 2005).

Un artículo de La Verdad del año 2008 basado en datos del Plan de Cuenca de la Confederación Hidrográfica del Segura advertía “La contaminación del Mar menor por nitratos supera hasta en veinte veces la norma europea. La laguna salada recibe cada año más de 3.000 toneladas de nutrientes de aguas urbanas y de riego”, desgraciadamente, las noticias al respecto se han ido sucediendo en los medios de comunicación. En el contexto actual, de todos es conocida la situación del Mar Menor, por los numerosos artículos aparecidos en prensa, especialmente en este verano de 2016 con titulares como: “La Consejería alerta de que el deterioro del Mar Menor ha llegado a un punto crítico” (La Verdad, 28 de mayo de 2016), “¿El último año del Mar Menor?” (ABC, 31 de mayo de 2016), “Los turistas, preocupados por el estado del Mar Menor” (Cadena Ser, 6 de julio de 2016), “El Mar Menor al borde del colapso” (El País, 7 de julio de 2016), “Los Nietos se manifiesta contra la contaminación del Mar Menor” (La Opinión, 6 de agosto de 2016), etc.

Si en otros años ha sido la cantidad excesiva de medusas (*Rizostomapulumoy Cotylorhizatuberculata*, principalmente) u otros organismos como babosas las que han causado alarma social en el Mar Menor, este año 2016 se caracteriza por un color verde-amarronado de sus aguas, debido a la acumulación de fitoplancton, algas microscópicas que viven en superficie y pueden llegar a impedir en exceso el paso de la luz al fondo del mar, provocando la muerte de las algas fanerógamas del fondo y acumulación de materia orgánica muerta que consume el oxígeno y vuelve el fondo fangoso y anóxico, muriendo al final también a la fauna. El origen de todos estos problemas es el exceso de nutrientes en el Mar Menor, que, de no poner remedio, tarde o temprano daría lugar a la eutrofización de sus aguas, con la consiguiente falta de oxigenación y transparencia y muerte de la mayoría de las especies. Se calculaba en 2005 que al Mar Menor van a parar 25 Hm³ de agua, de los que más de 18 Hm³ lo hacen por escorrentía superficial (7 Hm³ por la Rambla de El Albuñón) y el resto por escorrentía subterránea a través del acuífero cuaternario del Campo de Cartagena, con una carga de 2.000 t de nitratos y 60 t de fosfatos (Esteve y Martínez, 2005), con el auge de las desaladoras que vierten salmueras ricas en estos nutrientes, por el problema de fondo de escasez crónica de recursos hídricos en la zona, quizá estos datos hoy día se quedan bastante por debajo de los vertidos reales.

Resumiendo lo dicho, podemos concluir que la presencia de “contaminantes” en estas aguas es debida principalmente al vertido de lixiviados agrícolas ricos en nutrientes (filtraciones de nitratos y fosfatos al subsuelo procedentes de los cultivos y vertidos de salmueras); pero también se citan otras causas, como vertidos orgánicos de las depuradoras de San Javier, Los Alcázares o San Pedro del Pinatar, el aumento de



la acuicultura, los arrastres de las avenidas tras las lluvias torrenciales, la desaparición de los humedales circundantes a la laguna o incluso el cambio climático. Investigadores del Centro Oceanográfico de Murcia (Instituto español de Oceanografía) citan también la presencia de hidrocarburos aromáticos, fármacos y pesticidas, como consecuencia de las actividades humanas en el entorno de la laguna, estimando en 27,4 kg la entrada de estos contaminantes orgánicos a través de la Rambla de El Albuñón y en un momento puntual como tras la riada de 2009, de 40,9 kg (Tesis doctoral de Rubén Moreno González).

Hay autores que piensan que el sistema de autorregulación del Mar Menor está al límite de su capacidad de procesar la materia orgánica que se produce y si esta capacidad de autorregulación (crustáceos, peces y medusas que a través de una red trófica compleja son capaces de mantener bajas las poblaciones de algas microscópicas) se rompe, el proceso de eutrofización de la laguna quedará sin control (Ángel Pérez-Ruzafa, artículo de La Verdad “Pacto por el Mar Menor”).

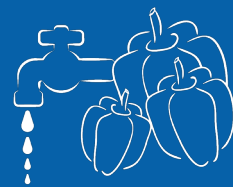
2.5.3.- La Directiva 91/676/CEE de nitratos y las Zonas Vulnerables en la Región de Murcia

LA DIRECTIVA 91/676/CEE SOBRE LA PROTECCIÓN DE AGUAS CONTRA LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS DE ORIGEN AGRARIO.

La protección del recurso que constituye el conjunto de las aguas superficiales y subterráneas disponible es una tarea de enorme importancia y trascendencia para el futuro de la humanidad. A este fin de la preservación y aumento de la disponibilidad de las aguas continentales, está dirigido el conjunto de normas dictadas por la U.E. desde mediados de los años 70. El conjunto de Directivas que puede resumir la trayectoria en política de calidad del agua seguida hasta hoy por la U.E. se expone en la tabla nº 5. Todas ellas vienen a quedar agrupadas en la Directiva Marco de Aguas (22-12-2000) que supone el principal hito en materia de aguas en Unión Europea y un hecho sin precedentes de gran trascendencia para la gestión de los recursos hídricos, que pondrá orden en la difícil y complicada tarea del aprovechamiento sostenible del agua en el espacio europeo. Con ella se pretende, en definitiva, la protección de las aguas, concebida como un nuevo concepto de gestión que combina calidad y cantidad.

DIRECTIVA	RELATIVA A
75/440/CEE	Calidad de aguas superficiales derivadas para el abastecimiento
76/160/CEE	Calidad de las aguas de baño
76/464/CEE	Contaminación causada por sustancias peligrosas.
78/659/CEE	Calidad de aguas aptas para la vida de los peces.
79/923/CEE	Calidad de aguas aptas para la cría de moluscos
80/68/CEE	Protección de aguas subterráneas.
80/778/CEE	Calidad de aguas destinadas al consumo humano.
91/271/CEE	Tratamiento de aguas residuales urbanas
91/676/CEE	Protección de aguas contra la contaminación de nitratos de origen agrario
91/61/CE	Protección y control integrados de la contaminación
1999/31/CE	Vertido de residuos
2000/60/CE	Marco comunitario de actuación en política de aguas

Tabla 5.- Conjunto de Directivas de la U.E. sobre política de calidad del agua.

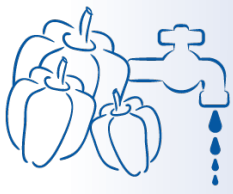


El uso excesivo de los productos agroquímicos en muchos países industrializados pone en peligro la calidad de los recursos más escasos (agua y suelo) y amenaza con la inutilización de los mismos si no se toman medidas drásticas al respecto. Con el fin de solucionar este problema y ante la preocupación del medioambiente, surgió la Directiva 91/676/CEE, de 12 de diciembre, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos de origen agrario. Esta Directiva fue adaptada a nuestro ordenamiento jurídico mediante el Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero. Su fin es, por un lado, establecer las medidas necesarias para prevenir y siempre que sea posible, aminorar y eliminar la contaminación de las aguas subterráneas, evitando el uso inadecuado de abonos nitrogenados, ya sea por excesos en las cantidades aportadas o por épocas inadecuadas de aplicación. Por otro lado pretende restringir el vertido incontrolado de líquidos generados en las instalaciones ganaderas intensivas, dado que ambos factores son causa de dicha contaminación, sin descartar aportaciones producidas por otros agentes (Boletín Oficial de la Región de Murcia, número 286, de 12 de diciembre de 2003).

En dicha Directiva se impone a los Estados Miembros una serie de obligaciones como: identificación de masas de agua afectadas, designación de zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario, elaboración de un Código de Buenas Prácticas Agrarias, confección de programas de actuación para reducir los nitratos de origen agrario y emisión de informes de situación a partir del seguimiento periódico de la calidad de las aguas. Todas las obligaciones, a excepción de la primera son competencia de las Comunidades Autónomas. Así, la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, en la Orden de 20 de diciembre de 2001, designó como zona vulnerable a la contaminación por nitratos de origen agrario el área regable oriental del Trasvase Tajo-Segura y zona litoral del Campo de Cartagena (Boletín Oficial de la Región de Murcia, número 301, de 31 de diciembre de 2003), que abarca el área donde se encuentra el invernadero objeto de los ensayos de esta tesis.

Como hemos referido, la Unión Europea ha adoptado una Directiva específica sobre la contaminación por nitratos (91/676/CEE), recogida en España en el Real Decreto 261/1996 de 16 de Febrero de 1996 (B.O.E. 11 Marzo de 1996), que establece recomendaciones y niveles máximos de uso de fertilizantes/abonos nitrogenados para minimizar el impacto sobre las aguas subterráneas (Anexo I). Sin embargo es de destacar que las medidas de control de la contaminación existentes se basan en crudas estimaciones del riesgo de lixiviación de los distintos agroquímicos, que no consideran la interacción entre clima, cultivo, suelo e hidrogeología de la zona. Incluso cuando se consideran estas interacciones, el efecto que las medidas legislativas pudieran tener a medio y largo plazo es desconocido. Tanto el desarrollo de normas y legislación como la evaluación de su impacto a largo plazo podrían simplificarse con el uso de modelos de simulación suficientemente contrastados mediante datos experimentales. Estos modelos pueden asistir a las partes implicadas en la toma de decisiones sobre cuándo, cuánto y cómo aplicar los fertilizantes y asegurar que el suelo y aguas superficiales y subterráneas reciben el mínimo impacto. La aplicación de modelos suficientemente contrastados abre el camino a la evaluación de prácticas alternativas, de menor efecto potencial sobre el medio, para diferentes escenarios, lo que tendrá como resultado inmediato un ahorro de agua y fertilizante, así como la conservación del recurso agua subterránea. Para la simulación de la contaminación por lixiviación de nitratos desde el suelo, es necesario el conocimiento de la interacción del propio cultivo con el medio (suelo-clima), puesto que condicionará la cantidad de nitratos y agua disponible en el suelo, y por lo tanto el riesgo de lixiviación (Muñoz Carpena *et al.*; 1998).

Para comprender la importancia que al cumplimiento de esta Directiva da la Comisión Europea, una reciente sentencia del Tribunal de Justicia (Sala Séptima) de 13 de junio de 2013 de la Comisión



Europea contra la República Francesa, por infracción del artículo 3, apartados 1 y 4, y del anexo I de la Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura, en su fallo dicta “Declarar que la República Francesa ha incumplido las obligaciones que le incumben en virtud del artículo 3, apartados 1 y 4, de la Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura, así como del anexo I de dicha Directiva, al no haber designado como zonas vulnerables varias zonas caracterizadas por la presencia de masas de agua superficiales y subterráneas afectadas por contenidos de nitratos excesivos y/o fenómenos eutróficos o en peligro de serlo” y condenar en costas a la República Francesa.

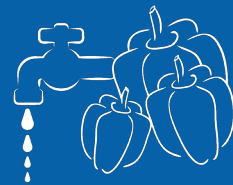
Como en otros procedimientos de infracción, el T.J.U.E. entiende insuficientes las alegaciones de la República Francesa al haber quedado puesto de manifiesto el incumplimiento de la Directiva de nitratos por parte de Francia al no designar como zonas vulnerables las aguas superficiales y subterráneas afectadas o en riesgo de serlo por niveles excesivos de nitratos y/o en áreas de eutrofización tal y como exige la Directiva 91/676/CE. Una Directiva por cuyo incumplimiento en su momento también fue condenado en el Reino de España.

El motivo por el que la Comisión Europea presentó una denuncia contra España ante el Tribunal de Justicia de Luxemburgo y posteriormente un Dictamen Motivado con una nueva denuncia de no cumplimiento de plazos por el retraso en la aplicación de la Directiva 676/91 se debe a que esta entró en vigor el 19 de diciembre de 1991 y su trasposición legal a todos los países debía haberse realizado en el plazo de dos años. En España se realizó el 12 de marzo de 1996, sin embargo para la Comisión seguían siendo vinculantes los plazos establecidos por la Directiva y no ha tenido en cuenta el retraso en la trasposición, considerando los incumplimientos en la elaboración del primer programa cuatrienal de actuación, en la declaración inicial de las zonas vulnerables, etc.

En opinión de J.L. Ortiz (1998), la situación de incumplimiento de plazos se debe en parte a que muchas de las disposiciones de la Directiva están pensadas para la climatología y prácticas agrícolas del Centro y Norte de Europa y no son directamente aplicables a las condiciones de nuestro país. Por ejemplo sugiere que podrían quedarse excluidos muchos acuíferos que solo se usan para riego y no para abastecimiento humano y que habría que tener en cuenta que en muchos casos el origen de la contaminación por nitratos es pecuario (principalmente purines), urbano o industrial y a veces mixto, siendo difícil discriminar la fuente y mucho menos cuantificar su contribución relativa. También considera que no se pone adecuadamente en práctica, porque los Códigos de Buenas Prácticas Agrícolas que han elaborado las comunidades Autónomas no tienen carácter obligatorio, sino voluntario y falta involucrar activamente a las Comunidades de Regantes, a las Asociaciones y Cooperativas de agricultores, a los Usuarios de Aguas Subterráneas, etc. Sugiere que se deberían firmar convenios con las Confederaciones hidrográficas en el marco de la Ley de Aguas para que se vaya imponiendo la práctica de buenos usos y también que la administración use medidas incentivadoras, en vez de penalizadoras.

REAL DECRETO 261/1996, DE 16 DE FEBRERO, QUE TRASPONE AL ORDENAMIENTO ESPAÑOL LA DIRECTIVA COMUNITARIA DE NITRATOS.

El incremento observado en el contenido en nitratos en las aguas subterráneas y superficiales destinadas al consumo humano y la eutrofización de las masas de agua dieron como resultado, como

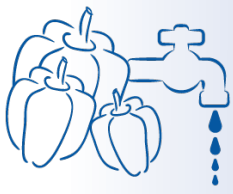


hemos dicho, la promulgación de dos directivas comunitarias, una referente al tratamiento de las aguas residuales urbanas (Directiva 91/271/CEE) y la Directiva 91/676/CEE, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura, con los objetivos de reducir la contaminación nítrica y actuar preventivamente contra nuevas contaminaciones. Esta directiva prevé la promulgación de un código en el que se señale a los agricultores y ganaderos las normas generales que deberán cumplir en el abonado orgánico y mineral de los suelos, para que no se produzcan contaminaciones por nitratos en las aguas. Mediante el Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, se traspone al ordenamiento español la Directiva comunitaria. El objeto de éste es establecer las medidas necesarias para prevenir y corregir la contaminación de las aguas, continentales y litorales, causada por los nitratos de origen agrario. Las actuaciones que se establecen en esta norma son:

- Determinación de las aguas afectadas por la contaminación o en riesgo de estarlo.
- Designación de las zonas vulnerables como aquellas superficies territoriales cuya escorrentía o filtración afecte a las aguas contaminadas.
- Elaboración de uno o varios códigos de buenas prácticas agrarias (disposiciones Anexo I del Real Decreto) y un programa de fomento (formación e información) de su puesta en práctica.
- Establecimiento de programas de actuación en las zonas vulnerables para prevenir y reducir la contaminación por nitratos, que consistirán en las medidas obligatorias de los Anexos II y III del Real Decreto y los códigos de buenas prácticas agrarias.
- Realización de programas de muestreo y seguimiento de la calidad de las aguas, para comprobar la eficacia de los programas de acción y modificar, en su caso, las zonas vulnerables.

Las aguas contaminadas, o en riesgo de estarlo, son aquellas aguas dulces superficiales, en particular si son destinadas al consumo humano, que presentan una concentración de nitratos superior a la fijada en la Directiva 75/440/CEE (50 mg/l), las aguas subterráneas que contengan más de 50 mg/l de nitratos y las masas de agua (embalses, lagos, charcas, estuarios y aguas litorales) que sean eutróficas o puedan eutrofizarse.

En España, existe un cierto acuerdo de diferentes integrantes de la Administración y usuarios sobre la necesidad de adaptar las condiciones de la Directiva a las características climáticas y de usos de los acuíferos. Muchas de las disposiciones de la Directiva están además pensadas para la climatología y prácticas agrícolas imperantes en los países de centro y norte de Europa y no son directamente aplicables en nuestro país como se indica en Ortiz Casas (1998) donde se hacen las siguientes reflexiones: “En la Directiva el criterio establecido para la designación de aguas subterráneas afectadas es que contengan (o puedan llegar a contener) más de 50 mg/l de nitratos, sea cual fuere el uso que se dé a dichas aguas, en cambio, para las aguas superficiales, se hace énfasis en las aguas “pre-potables”, aunque sin excluir claramente los demás usos; ello hace presuponer, como suele ocurrir en el centro y norte de Europa, que todas las aguas subterráneas se usan preferentemente para consumo humano, sin perjuicio de algún uso agrícola a pequeña escala. No se contempla, por tanto, la posibilidad de que algunos acuíferos sean explotados totalmente para riego agrícola, aunque esto pueda acarrear importantes debates en cuanto al grado de protección. Otra dificultad conceptual se refiere a los casos en que coexisten fuentes agrarias del nitrato y fuentes de tipo doméstico, donde es difícil y, a veces prácticamente imposible, discernir en que medida contribuyen unas y otras a las concentraciones detectadas. Finalmente, la consideración de aguas que “podrían verse afectadas” si no se actúa de conformidad a los programas referidos en la directiva, introduce un amplio margen de incertidumbre en muchas situaciones.”



LAS ZONAS VULNERABLES EN LA REGIÓN DE MURCIA.

Conforme a las obligaciones de la Directiva 91/676/CEE, de 12 de diciembre, la Consejería de Medio Ambiente Agricultura y Agua estableció la Orden de 31 de Marzo de 1998, por la que se aprobaba el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia. Después de cuatro años de su aprobación, se revisó el texto y mediante la Orden de 3 de diciembre de 2003, se aprobó el “nuevo” Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia. Con él se pretende que el sector agrario murciano obtenga sus producciones mediante sistemas de cultivo que sean compatibles con la conservación del medio ambiente, y que eviten en lo posible, la contaminación del medio natural (Boletín Oficial de la Región de Murcia, número 286, de 12 de diciembre de 2003). El código define como zonas vulnerables las superficies conocidas de territorio cuya escorrentía fluya hacia las aguas afectadas por la contaminación si no se toman las medidas oportunas. No tiene carácter obligatorio, pretendiendo ser una recopilación de prácticas agrarias que los agricultores pueden realizar voluntariamente, pero las medidas serán de obligado cumplimiento en las zonas designadas como vulnerables, así como para todas las superficies que reciban ayudas agroambientales al amparo del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER).

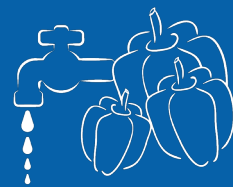
La confección del Programa de Actuación de la Zona Vulnerable se estableció en la Orden de 12 de diciembre de 2003 de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente, por la cual se deben desarrollar las actuaciones necesarias para reducir la contaminación por nitratos de origen agrario en los acuíferos catalogados como vulnerables, permitiendo recuperar valores por debajo del límite crítico (50 mg/l de ión nitrato) que haga factible alcanzar un nivel de calidad aceptable para cualquier uso (Boletín Oficial de la Región de Murcia, número 301, de 31 de diciembre de 2003). La última disposición es la Orden de 22 de diciembre de 2003, publicada en el Boletín Oficial de la Región de Murcia, número 3, de 5 de enero de 2004, por la que se amplía la zona vulnerable a la contaminación de nitratos, incluyéndose la zona de los acuíferos de las Vegas Alta y Media de la Cuenca del Río Segura.

El artículo cuarto del R.D. 26/1996, de 16 de Febrero, define como zonas vulnerables aquellas superficies del territorio cuya escorrentía o filtración afecte o pueda afectar a la contaminación por nitratos de las aguas continentales (superficiales en sentido amplio – ríos, embalses, lagos, charcas, estuarios y aguas litorales –, y aguas subterráneas) y establece los criterios básicos a considerar para la declaración de tales zonas (artículo 3). Establece que es competencia de las Comunidades Autónomas la designación de las zonas vulnerables a partir de la identificación de las masas de agua que debe ser realizada, en el caso de cuencas intercomunitarias como la del Segura, por la Administración Central (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente en la actualidad).

En la Región de Murcia, como ya hemos comentado, se han designado hasta la fecha tres zonas vulnerables. Dentro de la primera zona designada se ubica el invernadero objeto de estudio y se corresponde a los acuíferos Cuaternario y Plioceno en el área definida por la zona regable oriental del Trasvase Tajo-Segura y el sector litoral del Mar Menor. Los límites son los siguientes:

- Por el Norte: Límite de la Comunidad Autónoma.
- Por el Oeste: Canal del Trasvase Tajo-Segura.
- Por el Sur: Carretera Cartagena-La Unión-La Manga.
- Por el Este: Mar Menor.

En toda esta zona los contenidos en nitratos de las aguas subterráneas son muy superiores a 50 mg/l y su origen se encuentra previsiblemente en la fertilización intensiva que se realiza sobre los cultivos del sector (hortícolas, cítricos, invernaderos y frutales, por orden de importancia). Desde el punto de vista



administrativo, la zona designada como vulnerable afecta, de forma parcial, a los términos municipales de Cartagena, La Unión, Torre Pacheco, San Javier y San Pedro del Pinatar, y en su totalidad al municipio de Los Alcázares. El área designada pertenece a la parte oriental de la Unidad de Demanda Agraria (UDA) nº 59 “Nuevos regadíos del Campo de Cartagena” y sector Litoral de la UDA nº 57 “Acuíferos del Campo de Cartagena”, definición tomada del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura (C.H.S., 1997).

La principal preocupación por los altos valores de nitratos (y otros nutrientes) se centra en la afección que se produce al Mar Menor. El motivo es que una parte de los retornos de riego llegan a la laguna de modo subterráneo a través del acuífero Cuaternario a lo largo de toda la zona de contacto. También hay que señalar que una parte importante de los excedentes de riego que discurren superficial o sub-superficialmente son recogidos finalmente en la Planta del Carmolí, situada en la desembocadura de la rambla del Albuñón, para posteriormente ser impulsados a la desaladora de San Pedro del Pinatar donde está previsto realizar su tratamiento y nueva incorporación al canal del TTS. Además, la estación de impulsión del Carmolí recoge, a través de un colector, las salmueras procedentes de las numerosas desaladoras de aguas subterráneas, de los acuíferos Andalucense y Plioceno (Albacete *et al.*, 2001).

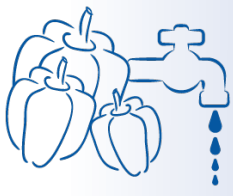
El Programa de Desarrollo Rural de la Región de Murcia 2014-2020 (P.D.R. 2014-2020), aprobado por la Comisión en junio de 2015, contempla el problema de la contaminación por nitratos en aguas superficiales y subterráneas, procedentes de fuentes de origen agrario, como uno de los problemas medioambientales y de salud pública más grave a los que se enfrenta el sector agrario en la actualidad, estableciendo una línea de ayudas para ayudar a los agricultores a paliar estos efectos en las Zonas Vulnerables.

En el citado programa se constata como la concentración de nitratos media regional en las aguas subterráneas media regional se sitúa en 49,57 mg/l (2008), inferior al límite máximo permitido por la UE de 50 mg/l, habiéndose producido fuertes descensos desde el año 2000, en torno al 10% anual. Sin embargo en la Región de Murcia siguen existiendo zonas con una acumulación excesiva de nitratos en sus acuíferos, que son las tres declaradas vulnerables a la contaminación por nitratos, abarcando una superficie agraria total en 2009 de 81 965 ha (41 247 ha en la zona 1, 27 836 en la zona 2 y 12 882 en la zona 3).

En 2011 se publicaron para estas tres zonas órdenes que establecen programas de actuación específicos para cada una de ellas. Estos programas buscan adecuar la fertilización y el riego a las necesidades de los cultivos, evitando las aportaciones excesivas de los mismos y las épocas inadecuadas, así como promover una serie de buenas prácticas agrarias, con el establecimiento de unas medidas obligatorias para estas zonas vulnerables.

2.5.4.- El Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia y los Programas de Actuación sobre las Zonas Vulnerables.

A raíz de la publicación de la Directiva 91/676/CEE y la trasposición de la misma al ordenamiento español a través del Real Decreto 262/1996, la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia empieza a legislar al respecto en virtud de las competencias que tiene atribuidas, que referidas al Real Decreto son: designación de Zonas Vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario, elaboración de un Código de Buenas Prácticas Agrarias, confección de programas de actuación para reducir los



nitratos de origen agrario y emisión de informes de situación a partir del seguimiento periódico de la calidad de las aguas.

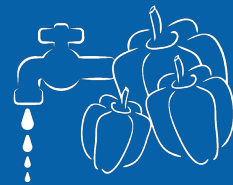
La primera publicación al respecto de la Comunidad Autónoma de Murcia fue la Orden de 11 de mayo de 1998, que determinó sobre la base de información aportada por el Ministerio de Medio Ambiente (organismo competente para identificar las masas de agua afectadas de la contaminación por nitratos) la “no designación de zonas vulnerables” y el anuncio de la puesta en marcha de un programa de estudio y vigilancia. En base a estos estudios, se identificó y designó como zona vulnerable a la contaminación por nitratos “el área oriental del Trasvase Tajo-Segura y zona litoral del Campo de Cartagena”, por Orden de 20 de diciembre de 2001 (B.O.R.M. de 31 de diciembre de 2001).

EL CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS DE LA REGIÓN DE MURCIA

Por otro lado, la Orden de 31 de marzo de 1998 de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente (B.O.R.M. de 15 de abril de 1998) aprobaba el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia, con el que se pretendía, entre otras, “la realización de prácticas que incrementen la eficiencia de los fertilizantes y disminuyan cuantitativamente su aportación, rebajando los costes de producción y mejorando la calidad de las cosechas”, lo que constituye el objetivo principal de esta tesis en el cultivo de pimiento de invernadero. Posteriormente el Código es revisado y se publica la Orden de 3 de diciembre de 2003 de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente (B.O.R.M. de 12 de diciembre de 2003), por la que se aprueba un nuevo Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia.

El Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia aprobado por Orden de 3 de diciembre de 2003 de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente es el actualmente vigente e incluye una serie de prácticas que el agricultor podrá aplicar voluntariamente; pero que son de obligado cumplimiento en las zonas designadas como vulnerables a la contaminación por nitratos, donde ha sido sustituido por la Orden de 16 de junio de 2016. En dicho Código se entiende por contaminación difusa por nitratos a “el vertido indiscriminado de ión NO_3^- en el suelo y consecuentemente en el agua, hasta alcanzar los 50 mg/l de concentración máxima admisible y/o 25 mg/l como nivel guía o recomendado” y como zonas vulnerables a las “superficies conocidas de territorio cuya escorrentía fluya hacia las aguas afectadas por la contaminación si no se toman medidas oportunas” y también define la eutrofización como “el aumento de la concentración de compuestos de nitrógeno, que provoca un crecimiento acelerado de las algas y las especies vegetales superiores, y causa trastornos negativos en el equilibrio de los organismos presentes en el agua y su propia calidad”, todas ellas definiciones que se han tenido muy presentes en el desarrollo de esta tesis.

Se define asimismo en el Código de Buenas Prácticas Agrarias (C.B.P.A.) la lixiviación por nitratos como “el arrastre del mismo por el agua del suelo que percola más debajo de la zona radicular de las plantas” y aclara la definición que este proceso es el que produce la contaminación de las aguas subterráneas por nitratos, ya que una vez que estos dejan de estar al alcance de las raíces, continúa su movimiento descendente hacia los acuíferos sin apenas ninguna transformación química o biológica. El objeto de esta tesis ha sido precisamente cuantificar qué cantidad de nitratos percolan en el pimiento de invernadero bajo diferentes sistemas de cultivo y dosis de aplicación, que se pueden contrastar para este cultivo con las dosis recomendadas por el C.B.P.A. para la aplicación de abonos nitrogenados en diversos cultivos (artículo 4 de la Orden de 3 de diciembre de 2003 de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente).



En el C.B.P.A. se explica como las dosis de abonado nitrogenado deben establecerse en función de las necesidades del cultivo que se trate, procurando, por un lado, evitar carencias de este, e intentando conseguir un equilibrio óptimo entre el rendimiento y la calidad de las cosechas, evitando los aportes excesivos de nitrógeno por estar expuestos a ser lavados por las aguas. Indica el C.B.P.A. en su Anexo IV las cantidades de nitrógeno que se consideran óptimas para cubrir las necesidades de los principales cultivos de la comunidad Autónoma de Murcia, dando unos intervalos de valores como consecuencia de la variabilidad en función de variedades, densidades de plantación, modalidades de manejo de cultivos, rendimientos, etc. Indican como en las zonas declaradas como vulnerables no se deben sobrepasar las dosis máximas establecidas para cada especie y sistema de riego en el citado Anexo IV. El C.B.P.A. establece además la condición de que no se puede aportar al suelo una cantidad de estiércol cuyo contenido en nitrógeno supere los 170 kgN/ha/año, permitiendo los primeros programas de actuación cuatrienal una cantidad de 210 kgN/ha/año.

El C.B.P.A. establece cómo se debe determinar la dosis de abonado nitrogenado mineral, como diferencia entre las dosis indicadas en el Anexo IV de la orden y el nitrógeno asimilable por el cultivo procedente de las fracciones: N inorgánico, N procedente de la mineralización de la materia orgánica, N mineralizado a partir de los fertilizantes y enmiendas orgánicas y N aportado por el agua de riego y da tablas de valores de riqueza en N para distintos tipos de suelos, nitrificación según la riqueza del humus y una fórmula para el N aportado por el agua de riego. El nitrógeno aplicado en forma de fertilizantes indica que se obtiene complementando el aportado por las fracciones anteriores hasta completar la dosis que se considere óptima, lo que requiere de la realización periódica de análisis de suelos y aguas, así como de los materiales orgánicos que se incorporan al terreno. Da también recomendaciones sobre la manera de aplicar los fertilizantes, las épocas adecuadas para su aplicación, sobre la selección del tipo de abono o la aplicación del riego (ETc), todas ellas tenidas en cuenta en los cultivos ensayados.

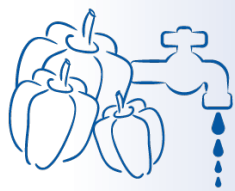
El citado Anexo IV del C.B.P.A. establece unas dosis de nitrógeno recomendadas en kg/ha para pimiento de invernadero para un rendimiento bruto en t/ha de producto comercializable de 95-130 t y riego por goteo, que están en una horquilla de 285-390 kgN/ha. La fórmula a aplicar sería para pimiento de invernadero:

$$\text{Dosis N (para una producción 95-130 t/ha)} = \text{N inorgánico (soluble e intercambiable)} \\ \text{suelo} + \text{N mineralización m.o. (humus)} + \text{N mineralizado fertilizantes y enmiendas} \\ \text{orgánicas} + \text{N agua riego (kg/ha)}$$

Aplicando el C.B.P.A. en nuestro ensayo, es decir, tomando los datos que se ofrecen en las tablas del mismo, en los análisis de suelos y la fórmula del N aplicado por el agua de riego, la dosis de abonado mineral a aplicar con los fertilizantes resultaría:

$$\text{N mineral fertilizantes} = \text{Dosis N (para la producción de los ensayos)} - \text{N inorgánico} \\ \text{suelo} - \text{N mineralización m.o. suelo} - \text{N enmiendas orgánicas} - \text{N agua riego (kg/ha)}$$

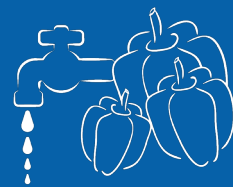
- Dosis N en función de la producción, para un rendimiento bruto (comercializable) de 95-130 t/, el C.B.P.A. da una dosis recomendada de 285-390 kgN/ha. Para el conjunto de todas las anualidades, la producción total y comercial media de los tratamientos en t/ha fue respectivamente (datos reflejados en el Anexo X de esta tesis): 1999 (74,60 y 64,53), 2000 (55,89 y 50,35), 2001 (84,58 y 83,08), 2002 (100,38 y 93,43), 2003 (78,95 y 72,75), 2004



(82,75 y 70,48), 2005 (87,63 y 81,19) 2006 (100,60 y 92,80). Como en nuestros ensayos hemos tenido acortado el ciclo al menos un mes respecto a lo habitual de los agricultores de la Comarca (se levantaba el cultivo en julio en vez de en agosto, a causa de las vacaciones estivales), es adecuado considerar como media para estimar las dosis de abonado nitrogenado recomendadas la producción total, en vez de solo la comercial, ya que también los pimientos de destrío consumen N, pudiendo considerar un rendimiento bruto en nuestros ensayos de 83,18 t/ha (media de las anualidades anteriores). Según la horquilla ofrecida por la tabla, que sigue una linealidad, para 95 t/ha de rendimiento bruto de pimientos se necesitarían 285 kgN/ha y para 130 t/ha, 390 kgN/ha. En nuestro ensayo las necesidades serían, según estas recomendaciones, de 249,53 kgN/ha.

1) N inorgánico del suelo, para cuyo cálculo en C.B.P.A. establece que se tomará el soluble e intercambiable en el suelo al inicio del cultivo. Como ya se ha dicho a lo largo de esta tesis, en N orgánico de los suelos, por los procesos de humificación y mineralización, toma el estado de nitrógeno amoniacal y este se oxida pasando por el proceso de la nitrificación a nitrógeno nitroso e inmediatamente a nítrico, formando con las bases del suelo el nitrato cálcico, directamente asimilable por las plantas. Pero esta forma del N no es retenida por el poder absorbente de los suelos, siendo arrastrado por las aguas de infiltración, como bien sabemos. Dado que los nitratos no son retenidos por las arcillas y se ha realizado en las últimas anualidades la biofumigación del terreno para evitar los problemas de *Phytophthora*, que lleva implícito un lavado abundante, las cantidades iniciales de N inorgánico en el suelo para el próximo cultivo pueden considerarse despreciables. El M.A.P.A., en su publicación “Interpretación de análisis de suelos” no considera esta fracción en la fórmula para la determinación de un programa de fertilización nitrogenada, refiriendo que el análisis de nitratos y nitritos en suelo es bastante engorroso, ya que se encuentran en la solución del suelo y hay que recoger muestras de ella mediante capsulas de porcelana en el interior del perfil (Garrido, 1993), motivo por el cual esta fracción no suele considerarse, si bien indica que en cultivos intensivos la fracción de nitratos y nitritos puede llegar a no ser despreciable. Por otro lado el laboratorio que ha realizado los análisis iniciales de suelos (Fitosoil, Anexo XII) solo ofrece datos del N total en %, que es el N obtenido por el método Kjeldahl, que solo contempla el N amoniacal, ureico y orgánico, no considerando los nitratos. Actualmente y desde 2005, este y otros laboratorios si que dan el N total considerando los nitratos.

2) N procedente de la mineralización de la materia orgánica del suelo, para cuyo cálculo el C.B.P.A. da una sencilla tabla (Anexo V), que establece el N anual disponible en kg/ha en función de la riqueza en % de materia orgánica del suelo. En nuestros ensayos se obtiene un porcentaje de materia orgánica diferente, en función del periodo de toma de muestras, de la anualidad, de la profundidad de la muestra o del lixímetro, obteniendo los siguientes contenido medios de materia orgánica (%) en los distintos análisis realizados (datos reflejados en el Anexo XII de esta tesis): análisis inicial de suelos 1999 (2,01; 2,02; 2,51; 2,11; 2,14; 3,05; 2,21; 3,38; 3,35) análisis en el año 2001 (1,98; 2,31; 2,48; 2,88; 2,28; 2,41; 2,41; 3,52), análisis final de suelos 2007 (4,74; 4,92; 5,88; 6,24; 3,75; 5,63; 5,77; 7,31), resulta una media de contenido en m.o. de todos los análisis realizados del 3,49%, lo que según algunos laboratorios es un contenido alto y según otros el óptimo estaría para este cultivo de invernadero entre el 3 y el 4%. Para regadíos intensivos el M.A.P.A. da una media de contenido de m.o. para España de alrededor del 3% y propone elevar al 4% (Garrido, 1993), lo que se encuentra dentro de los niveles de los suelos de nuestro invernadero. Se observa como el análisis final de suelos (agosto



2007) presenta un contenido de materia orgánica sensiblemente superior al inicial (noviembre de 1999), debido a las ocho campañas sucesivas de cultivo con su correspondiente estercolado de fondo en el entorno de 4 kg/m², incluyendo el estiércol aplicado con la solarización, que han enriquecido el suelo en materia orgánica. Según la tabla del C.B.P.A., considerando en un 3,5% la m.o. media del suelo del invernadero y para suelos de textura arcillosa, resulta que la cantidad de N disponible procedente de la nitrificación del humus del suelo estaría en una horquilla entre 35 y 70 kg/ha. Tomamos para la fórmula la mediana de la horquilla, 52,50 kgN/ha disponible anualmente.

3) N procedente de la mineralización de la materia orgánica aportada, para cuyo cálculo el C.B.P.A. da una tabla del N orgánico mineralizable el primer año en % (que es el que se considera) en función del tipo de estiércol y la riqueza media del mismo. En nuestro ensayo, se realizó un análisis del estiércol, en este caso de caballo, aplicado al cultivo en la campaña 2003-2004, con una riqueza del 1,12% de N en materia fresca y del 1,87 en materia seca, resultando una humedad del 40,23%. Se aportó también estiércol de caballo en la campaña 2002-2003 y el resto de anualidades se aportó estiércol de oveja o sirle, con una riqueza media en el entorno del 2,0% de N en materia seca, con un contenido de humedad entre el 40 y el 50%, dado que se aportaba húmedo para favorecer la biofumigación. La dosis de estiércol aplicado en kg/m² de materia fresca por año de ensayos fue: 1999 (1,5), 2000 (1,5), 2001 (1,5), 2002 (5), 2003 (5), 2004 (4), 2005 (4) y 2006 (4), incluyendo en las últimas anualidades el estiércol empleado para la biofumigación del terreno. Calculando una riqueza media del estiércol en N en materia fresca para todas las anualidades del 0,9% (2,0% en materia seca y 45% de humedad media) y teniendo en cuenta que se aplicó una media de 3,31 kg/m² para todos los años de ensayo y una mineralización el primer año del 40% resulta que en la fórmula tenemos que considerar una media de 17,212 gN/m² como la cantidad aportada por la fertilización orgánica. Esto resulta de multiplicar 3,31 kg/m² estiércol x 0,9% N x 40% mineralización 1º año x 1.000 g/kg = 11,92 gN/m² y equivale a 119,16 kgN/ha, cantidad que está bastante por debajo del límite fijado en el C.B.P.A. de 170 kgN/ha/año que se puede aportar con el estercolado.

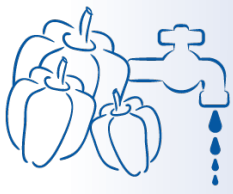
4) N procedente del agua de riego, que se puede obtener por una fórmula sencilla que se establece en el Anexo VI del C.B.P.A. y que es:

$$\text{kgN/ha} = [\text{NO}_3^-] \times V_r \times 22,6 / 10^5 \times F$$

Siendo:

[NO₃⁻] la concentración de nitratos en el agua de riego expresada en mg/l (ppm); V_r el volumen total de riego en m³/ha/año; 22,6 el % de riqueza en N del NO₃⁻ y F un factor que depende de la eficiencia del riego y considera la pérdida de agua y cuyos valores oscilan entre el 0,8 y 0,9 en riego localizado.

Tenemos en cuenta que la concentración de nitratos en el agua de riego de los ensayos, muy homogénea durante todo el periodo de ensayos, por tratarse de agua del Trasvase Tajo-Segura, dio un valor de 0,1 mg/l de nitratos y que el volumen total de riego medio de todas las anualidades, incluyendo la solarización, resulta ser de 6.021,51 m³/ha. Se ha obtenido este valor con los datos del Anexo V de esta tesis, como media de los ocho años de ensayos: 1999 (7.118,16), 2000 (4.666,52), 2001 (5.479,34), 2002 (5.595,25), 2003 (6.543,95), 2004 (5.618,94), 2005 (8.243,56), 2006 (4.906,40). Con estos datos de nuestros ensayos, la fórmula resulta:



$$\text{kgN/ha} = [\text{NO}_3^-] \times \text{Vr} \times 22,6 / 10^5 \times \text{F} = 0,1 \text{ mg/l} \times 6.021,51 \text{ m}^3/\text{ha} \times 22,6 / 105 \times 0,85 = 0,1157 \text{ kgN/ha/año}$$

aportados con el agua de riego, cantidad casi despreciable.

Teniendo en cuenta los datos anteriores, resultaría que según el C.B.P.A. de la Región de Murcia, la cantidad de N mineral adecuada a la producción de nuestro cultivo, para la medida de todos los años ensayados sería:

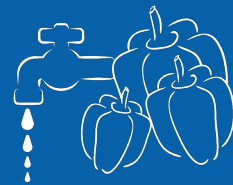
$$\text{N mineral} = \text{Dosis N (249,53 kgN/ha)} - \text{N inorgánico suelo (0 kgN/ha)} - \text{N mineralización m.o. suelo (52,50 kgN/ha)} - \text{N enmiendas (119,16 kgN/ha)} - \text{N agua riego (0,1157 kgN/ha)} = 249,53 - 171,77 = 77,76 \text{ kgN/ha}$$

Por lo tanto, según el C.B.P.A., en las condiciones de producción, estercolado, suelos y agua de riego de nuestros ensayos, la cantidad adecuada aportar para las dosis de N recomendadas en el cultivo de pimiento de invernadero sería de 77,76 kgN/ha, es decir 7,78 g/m². Es preciso indicar que pueden producirse variaciones significativas al realizar este cálculo debidas sobre todo al aporte de estiércol, ya que actúan factores como la humedad o la riqueza media en N, que pueden variar mucho de unas enmiendas a otras y alterar el resultado, que en nuestro caso y gracias a la cantidad de datos tomados se cree es bastante ajustado a la realidad. También puede variar el cálculo debido a la amplia horquilla que ofrece la tabla del C.B.P.A. de N liberado por el humus en función de la riqueza en m.o. del suelo y la textura, para el que nosotros hemos tomado el valor medio y también, aunque en menor medida, por el hecho de que pueda considerarse N soluble al inicio del cultivo, que hemos considerado despreciable.

En nuestros ensayos hemos aplicado dosis aproximadas de 0 g/m² en el T-1 y T-E, 15g/m² en el T-2 y T-I, de 30 g/m² en el T-3 y T-C y de 45 en el T-4. En la anualidad 2002 (ensayo de plaguicidas con un mismo abonado mineral nitrogenado), se realizaron estos cálculos del C.B.P.A. y se aplicó una dosis de 13 g/m² de N mineral a todos los tratamientos, con un buen resultado en la producción. Estos datos corroboran como el C.B.P.A. es un buen indicador de la dosis de abonado mineral nitrogenado a aportar en el cultivo de pimiento de invernadero (y por extensión probablemente a los otros cultivos), si bien la cantidad de N mineral que nos recomienda debemos aportar en nuestras condiciones (7,78 gN/m²), debe tomarse como un valor máximo, ya que nosotros hemos obtenido unos datos de producción que no varía entre tratamientos para dosis de N mineral desde 0 gN/m².

PROGRAMA DE ACTUACIÓN DE LA ZONA VULNERABLE DEFINIDA POR LA ZONA REGABLE ORIENTAL DEL TRASVASE TAJO-SEGURA Y EL SECTOR LITORAL DEL MAR MENOR

Continuando con la legislación autonómica, en el B.O.R.M. de 31 de diciembre de 2003 se publica la Orden de 12 de diciembre de 2003 de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente por la que se establece el Programa de Actuación de la Zona Vulnerable correspondiente a los acuíferos Cuaternario y Plioceno en el área definida por la Zona Regable Oriental del Trasvase Tajo-Segura y el Sector Litoral del Mar Menor. Dicho Programa de Actuación se aprueba con una duración de cuatro años y será de obligado cumplimiento para todos los que desarrollen actividades agrarias en la zona declarada como vulnerable, estableciendo además la realización de programas de vigilancia de la calidad de las aguas, mediante el establecimiento de un plan de muestreo en colaboración con la Confederación Hidrográficadel Segura. En el Programa de Actuación incluyen en conocimiento del C.B.P.A. en los cursos de incorporación de jóvenes a la agricultura, un módulo específico en los ciclos formativos y facilitar el cálculo de las necesidades de riego ajustándolas a la demanda real del clima



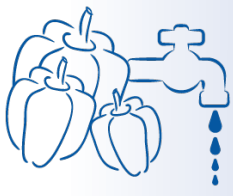
(ETo). Tanto la determinación de las dosis de abonado mineral nitrogenado (artículo 4 de la Orden), como las dosis recomendadas en diversos cultivos (artículo 3) reproducen exactamente lo establecido en el C.B.P.A. de la Región de Murcia, publicado unos días antes que esta Orden, indicando, no obstante, que en la Zona Vulnerable las dosis son obligatorias.

La próxima disposición normativa al respecto es la Orden de 3 de marzo de 2009 de la Consejería de Agricultura y Agua (B.O.R.M. de 10 de marzo de 2009), por la que se establece un nuevo Programa de Actuación sobre la Zona Vulnerable correspondiente a los acuíferos Cuaternario y Plioceno en el área definida por la Zona Regable Oriental del Trasvase Tajo-Segura y el Sector Litoral del Mar Menor. Dicha Orden obedece a que transcurrido el plazo establecido para el Programa de actuación, se hace precisa la aprobación de uno nuevo para otro periodo cuatrienal.

El nuevo Programa de Actuación introduce algunas precisiones y mejoras que persiguen una mayor eficacia en sus fines propios de prevención y reducción de la contaminación causada por nitratos de origen agrario y crea una Comisión de Seguimiento para el control de las acciones que se lleven a cabo en el marco del Programa. Realiza los mismos cálculos para la dosis de abonado nitrogenado mineral que el C.B.P.A. e introduce como novedades algunas indicaciones específicas sobre las épocas de aplicación (en el caso del pimiento de invernadero obliga a fraccionar el nitrógeno a lo largo del cultivo como mínimo semanalmente), establece unos periodos de exclusión de la fertilización nitrogenada (3 meses de exclusión al año para el pimiento) y dedica un apartado a establecer fórmulas de aplicación del riego, recomendando la utilización de sensores para determinar el contenido de agua en el perfil del suelo o calcular las necesidades de riego en base a la evapotranspiración del cultivo (ETc), indicando cómo los agricultores y técnicos disponen de una página web (www.imida.es) y dentro de ella de un enlace llamado SIAM (Sistema de Información Agraria de Murcia) donde se pueden consultar los datos diarios de evapotranspiración de referencia (ETo) en 46 estaciones agrometeorológicas, para calcular las necesidades diarias de riego y fertilización.

Otras mejoras introducidas respecto al anterior programa se refieren a la información a los agricultores y ganaderos mediante folletos divulgativos del C.B.P.A.; realización de cursos dirigidos a técnicos y agricultores en las Oficinas comarcales Agrarias, Organizaciones Profesionales Agrarias y/o Entidades Asociativas y publicación en la página web de la Consejería del C.B.P.A. y de programas de abonado y riego de los distintos cultivos. Otra novedad dentro de las medidas de información se refiere al establecimiento en los Centros de Demostración y Transferencia Tecnológica de programas de colaboración para demostrar a los agricultores y técnicos que la disminución de aportaciones nitrogenadas hasta los límites establecidos en el Programa de Actuación no afectan a la producción y calidad de las cosechas, justamente lo que se ha podido demostrar en esta tesis doctoral para el cultivo de pimiento de invernadero. Se obligan además al establecimiento en fincas experimentales de programas de investigación que perfilen las necesidades mínimas de N a aportar en los cultivos de mayor importancia en la región, sin merma de la calidad y de la producción, otro de los hitos conseguidos en el desarrollo de los ensayos de esta tesis, en el cultivo de pimiento de invernadero.

Por último perfilan mejor el seguimiento del Programa de Actuación, delimitando áreas piloto dentro de la Zona Vulnerable para la toma de muestras y analítica de nitratos y establecen controles de campo a los agricultores mediante el “Cuaderno de control de instalación de riego y almacenamiento de abonos” (tabla IX de la Orden) y el “Cuaderno de control de abonado nitrogenado, enmiendas y riego” (tabla X de la Orden). No obstante, a pesar de las anteriores mejoras introducidas en el Programa



de Actuación, se siguen permitiendo las mismas dosis de nitrógeno para los distintos cultivos /tabla IV de la Orden), indicando en este caso que serían las dosis máximas permitidas, y realizando los mismos cálculos que el C.B.P.A. para el abonado nitrogenado, con la única variación de que varían los porcentajes de mineralización anual de N en función de los fertilizantes orgánicos. Por ejemplo, en el caso del estiércol de oveja y cabra (sirle), el C.B.P.A. daba un % mineralizado de N el primer año del 40-50%, que era el que se tomaba para el cálculo del N liberado por la m.o., y en el programa de actuación se establece un 45% de mineralización de N el primer año y un 25% el segundo (tabla III de la Orden), no obstante se sigue indicando que para el cálculo del N mineralizado a partir de los fertilizantes y enmiendas orgánicas se considerará únicamente la fracción de nitrógeno mineralizada anualmente, dando a entender que no se calcula la mineralización del 2º año, aspecto este que consideramos habría que corregir puesto que no tiene sentido no considerar para el cálculo un N que según todos los estudios se mineraliza y es aportado al cultivo en la siguiente anualidad.

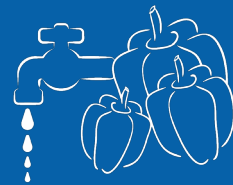
PROGRAMA DE ACTUACIÓN DE LA ZONA VULNERABLE CORRESPONDIENTE A LOS ACUÍFEROS DE LAS VEGAS ALTA Y MEDIA DE LA CUENCA DEL RÍO SEGURA

Por Orden de 22 de diciembre de 2003 se designaba como Zona Vulnerable a la contaminación por nitratos de origen agrario, la correspondiente a los acuíferos de las Vegas Alta y Media de la Cuenca del Río Segura y por Orden de la Consejería de Agricultura de 19 de noviembre de 2008 se establecía su Programa de Actuación. En el B.O.R.M. de 5 de agosto de 2011 se publica la Orden de 27 de junio de 2011 de la Consejería de Agricultura y Agua, por la que se modifica la Orden de 19 de noviembre de 2009, por la que se establece el programa de Actuación sobre la Zona Vulnerable correspondiente a los acuíferos de las Vegas Alta y Media de la cuenca del Río Segura, considerando la necesidad de actualizar algunas cifras establecidas al objeto de que coincidan con las publicadas en otros documentos de carácter regional (C.B.P.A. y Programa de Desarrollo Rural). Las modificaciones son las mismas que se aprobaron en la Orden de 3 de marzo de 2009 de la Consejería de Agricultura y Agua (B.O.R.M. de 10 de marzo de 2009), por la que se establecía el Programa de Actuación sobre la Zona Vulnerable correspondiente a los acuíferos Cuaternario y Plioceno en el área definida por la Zona Regable Oriental del Trasvase Tajo-Segura y el Sector Litoral del Mar Menor.

La única novedad es que incorporan un Plan de Gestión y Producción de Estiércoles con la obligación para los productores dentro de la Zona Vulnerable de llevar un cuaderno de control del plan, con seguimiento de la explotación de la que proceden los estiércoles y purines, identificación del transporte de los mismos y plan de abonado, indicando balance nitrogenado: superficie, necesidades de cultivo, mineralización, cantidad a aplicar, etc. En la citada Orden indican también cómo las dosis de nitrógeno mineral a aplicar por hectárea y año se deben hacer con arreglo a la Publicación Técnica nº 22 sobre “Fertilización en la Zona Vulnerable del Campo de Cartagena”, publicada por la Consejería de Agricultura y Agua (Pato *et al.*, 2006) y que es una explicación técnica de lo referenciado en el C.B.P.A.

PROGRAMA DE ACTUACIÓN SOBRE LAS ZONAS VULNERABLES A LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS DE ORIGEN AGRARIO EN LA REGIÓN DE MURCIA

La última publicación normativa de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia relacionada con la Directiva 91/676/CEE del Consejo es la Orden de 16 de junio de 2016 de la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente (B.O.R.M. de 18 de junio de 2016), por la que se modifican las Órdenes de 19 de noviembre de 2008, 3 de marzo de 2009 y 27 de junio de 2011, referidas a todos los programas de actuación en las zonas vulnerables: del Campo de Cartagena, de la



Vega Alta y Media del Segura y del Alto Guadalentín y Puentes. Esta zona del término municipal de Lorca ha sido la última declarada vulnerable en la Región, por Orden de 26 de junio de 2009.

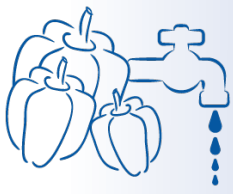
La citada Orden se publica teniendo en cuenta el trascurso del plazo de duración establecido para los programas de actuación citados, así como la necesidad de actualización de las medidas de acción establecidas, considerando la experiencia, evolución y el mayor conocimiento sobre esta problemática, así como por la necesidad de aunar en un solo documento los tres programas de actuación establecidos. El Anexo de la citada Orden desarrolla las principales actuaciones encaminadas a reducir la contaminación por nitratos de origen agrario en aguas continentales y litorales, con la intención de permitir recuperar valores por debajo de 50 mg/l de ión nitrato.

El documento, en esencia, recoge las mismas prácticas y datos del C.B.P.A. y también los reflejados en la Orden de 3 de marzo de 2009 de la Consejería de Agricultura y Agua, por la que se establecía el Programa de Actuación sobre la Zona Vulnerable correspondiente al Campo de Cartagena, incorporando el Plan de Gestión y Producción de Estiércoles de la Orden de 27 de junio de 2011 de la Consejería de Agricultura y Agua, por la que se establecía el programa de Actuación sobre la Zona Vulnerable correspondiente a la Vega del Segura. El Anexo de la Orden incorpora un índice con doce pasos a seguir, de manera que queda mejor estructurado el programa de actuación: contenidos mínimos del cuaderno de explotación, precauciones y obligaciones en la aplicación de fertilizantes, periodos de exclusión, dosis máximas de abonos nitrogenados, determinación de dichas dosis, almacenamiento de estiércol, medidas de fomento y divulgación, programa y comisión de seguimiento y otras.

Como mejoras observadas, además de la mejor estructuración del texto, se hace hincapié en el contenido del Cuaderno de Explotación, ampliando el mismo (registros de fertilización, balance de N por cultivo, resultados de analíticas de suelo, agua y abonos, cumplimentación...) y se obliga a disponer de al menos un análisis de agua cada dos años y de suelo al inicio de cada campaña, así como de los estiércoles adquiridos para las explotaciones de más de 10 ha. El resto de condiciones son básicamente las mismas que en los programas referenciados salvo en lo que se refiere a continuación.

En la tabla 5 de la Orden de 16 de junio de 2016 se indican las cantidades de N óptimas para cubrir las necesidades de los principales cultivos de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, con unos intervalos de valores que se indica se ajustarán según textura, variedades, densidades de plantación, modalidades en el manejo de cultivos, rendimientos, etc. En el caso del pimiento de invernadero se da un coeficiente de extracción en kgN/t de entre 3 y 4,5. Si tenemos en cuenta que tanto en C.B.P.A. como los anteriores programas de actuación en las zonas vulnerables lo que daban era una dosis máxima anual de N (kg/ha) que era función del cultivo y producción esperada y que para el caso del pimiento de invernadero establecía unas necesidades de N de 285-390 kg/ha para una producción de 95-130 t/ha (rendimiento bruto comercializable), resulta que el actual programa de actuación sobre las zonas vulnerables permite la aplicación de más fertilizante nitrogenado en este cultivo, ya que el coeficiente de extracción de N (cantidad de N en kg para producir una tonelada de cosecha comercializable) que en el C.B.P.A. era de 3 kgN/t en este caso se amplía a una horquilla entre 3 y 4,5 kgN/t.

A nuestro juicio, esto puede llevar a una sobrefertilización nitrogenada, ya que como se ha comprobado en los ensayos, los límites establecidos en el C.B.P.A. estaban bien definidos



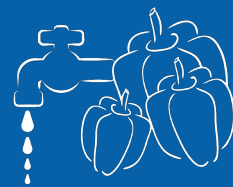
entendidos como límite superior de N a aportar en el cultivo y en este caso dichos límites son superados en un porcentaje de hasta el 50%. Así, para una producción esperada de 95 t, las necesidades de N que se establecían en el C.B.P.A. para este cultivo eran de 285 kg/ha y para una producción de 130 t eran de 390 kg/ha y según la tabla 5 de la Orden de 16 de junio de 2016, las cantidades de N óptimas para cubrir las necesidades de producción de 95 t de pimiento se situarían en una horquilla de entre 285 y 427,50 kgN/ha y para una producción de 130 t de entre 390 y 585 kgN/ha.

Si aplicamos esta nueva tabla a nuestros ensayos, siguiendo los cálculos realizados el C.B.P.A., resulta que para nuestra producción media de 83,18 t/ha, las necesidades de N se moverían entre los 249,53 y los 374,31 kgN/ha (un abanico mucho mayor que el del C.B.P.A.), resultando un abonado mineral nitrogenado a aplicar de:

$$\begin{aligned} \text{N mineral} &= \text{Dosis N (249,53 - 377,01 kgN/ha)} - \text{N inorgánico suelo (0 kgN/ha)} - \text{N mineralización} \\ &\text{m.o. suelo (52,50 kgN/ha)} - \text{N enmiendas (119,16 kgN/ha)} - \text{N agua riego (0,1157 kgN/ha)} = \\ &249,53 - 377,01 - 171,77 = 77,76 - 205,24 \text{ kgN/ha} \end{aligned}$$

Por lo tanto, según la Orden de 16 de junio de 2016, en las condiciones de producción, estercolado, suelos y agua de riego de nuestros ensayos, y aplicando los mismos cálculos empleados en el C.B.P.A., la cantidad adecuada aportar para las dosis de N recomendadas en el cultivo de pimiento de invernadero estaría entre 77,76 y 205,24 kgN/ha, es decir 7,78-20,52 g/m². En nuestros ensayos hemos aplicado dosis aproximadas de 0 g/m² en el T-1 y T-E, 15g/m² en el T-2 y T-I, de 30 g/m² en el T-3 y T-C y de 45 en el T-4, sin diferencias significativas en la producción y calidad de las cosechas, y los datos obtenidos corroboran cómo la cantidad de N mineral que debería aplicarse para conseguir los mejores resultados respecto de la lixiviación de nitratos estaría entre los de 0 gN/m² a 15 gN/m² y cómo el C.B.P.A., con un coeficiente de extracción de 3 kgN/t producto para el cultivo de pimiento de invernadero, es un buen indicador de la dosis de abonado mineral nitrogenado a aportar en el cultivo de pimiento de invernadero, si bien la cantidad de N mineral que nos recomienda debemos aportar en nuestras condiciones (7,96 gN/m²), debería tomarse como un valor máximo. Con la actual legislación, según los datos de las dosis máximas de N de la tabla 5 de la Orden de 16 de junio de 2016, se abre la posibilidad al agricultor de aplicar un coeficiente de extracción (kgN/t producto) de entre 3 y 4,5, lo que en nuestros ensayos equivaldría a ampliar la horquilla entre 7,78 -20,52 gN/m², siendo este el valor máximo permitido que se acercaría a nuestro T-2 y T-I, de 30 gN/m², que no es el que mejores resultados ha dado respecto de la lixiviación de nitratos.

Hay que tener en cuenta, no obstante, que la fórmula de cálculo ofrecida presenta variaciones respecto al C.B.P.A. Así, una de las variaciones que se introducen para la determinación de la dosis de abonado nitrogenado es que para el cálculo del nitrógeno inorgánico (soluble e intercambiable en el suelo al inicio del cultivo) de la ecuación del balance de nitrógeno, se asume que el N disponible al final del cultivo no es cero y para cultivos hortícolas consideran una profundidad efectiva de 30 cm en la que la cantidad de nitratos en mg/kg del suelo dan una cantidad de N mineral al final del cultivo. Se introducen también unos niveles de minoración aplicados al N mineral soluble en el suelo y al N procedente de la mineralización de la m.o. del suelo por considerar la superficie de suelo humectada. Por todo ello es preciso rehacer los cálculos del balance de N realizados siguiendo el C.B.P.A. para comprobar la bondad de esta nueva fórmula.

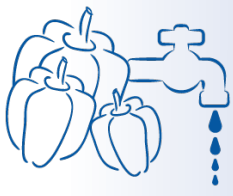


La Orden de 16 de junio de 2016 indica como se requiere de la realización al inicio del ciclo de cultivo del cálculo del balance de nitrógeno, para determinar las cantidades de N ajustadas a las necesidades del cultivo. Para ello se requiere conocer las condiciones de suelo y agua de riego, así como la riqueza de los materiales orgánicos que se incorporan al terreno y calcula la dosis máxima de abonado nitrogenado mineral por diferencia entre las dosis de abonado indicadas en la tabla 5 de la Orden y el nitrógeno asimilable por el cultivo procedente de las siguientes fracciones:

1) N inorgánico soluble e intercambiable en el suelo al inicio del cultivo, que proviene de la analítica del suelo (N_{mini} o N mineral al inicio del cultivo), que al tratarse de un elemento muy móvil y asumiendo que al final del ciclo el nitrógeno mineral (N_{mini}) no será cero, se toma solo una parte de este elemento como N disponible por el cultivo que llaman factor de agotamiento de nitratos del suelo, función del N_{mini} y que para hortalizas (profundidad efectiva de las raíces de 30 cm) sería del 10-15 % del N_{mini} para un análisis de nitratos en el suelo entre 0 y 40 mg/kg y del 15-20% del N_{mini} para un análisis de nitratos en el suelo > 40 mg/kg.

En nuestros ensayos los análisis de suelos dan una cantidad de nitratos media al inicio del cultivo (media de varios análisis de suelos, tablas nº 15, 43, 44, 45, y 46 de esta tesis) de 0,617 meq/100g de nitrato en los primeros 20 cm, 0,182 de los 20 a los 40 cm y 0,165 de los 40 a los 60 cm. Para pasar a ppm hay que aplicar la fórmula: $\text{ppm} = \text{meq}/100\text{g} \times \text{peso equivalente } \text{NO}_3^- \times 10 = 0,617 \times 62 \times 10 = 382,54 \text{ ppm (mg/kg)}$ de nitratos en los primeros 20 cm. De la misma manera se obtendrían 112,84 ppm (mg/kg) de nitratos de los 20 a los 40 cm. Así, la cantidad de N inorgánico soluble en los primeros 30 cm de suelo al inicio del cultivo es (ponderando las mediciones) de $382,54 \times 2 + 112,84 / 3 = 292,64 \text{ mg/kg}$. Por otro lado, la mayoría de los análisis de suelos del Anexo XII ofrecen unos valores muy altos de nitratos en el extracto acuoso, de 1000 a 2000 ppm o incluso más, a pesar de los cual indican los laboratorios que son valores normales en invernaderos. En primer lugar, los análisis reflejados en el Anexo se refieren a muestras superficiales de suelo, que es donde se encuentran la mayoría de las sales (el potasio sale también muy elevado), el invernadero lleva muchos años cultivándose sin descansar, con lo que la acumulación de nutrientes es mayor y además al calcular los nitratos en el extracto acuoso, reconoce el laboratorio que en la disolución la materia orgánica se degrada a nitratos, sobrevalorando el valor de los mismos en este tipo de análisis. Por todo ello nos quedamos con el valor de 292,64 mg/kg, como la cantidad de nitratos en el suelo al inicio del cultivo. Para pasar a kg/ha, teniendo en cuenta una profundidad de 30 cm y una densidad aparente (d_a) del suelo de $1,2 \text{ t/m}^3$ aplicamos la fórmula: $\text{Masa} = \text{Vol} \times d_a = \text{Sup (ha)} \times \text{Prof} \times d_a = 10.000 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m} \times 1,2 \text{ t/m}^3 = 3.600 \text{ t}$; $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/kg}$, de donde $3.600.000 \text{ mg} \times 292,64 \text{ mg/kg} = 1.053,50 \text{ kg/ha}$.

2) N procedente de la mineralización neta de la materia orgánica del suelo, calculado de igual manera que en el C.B.P.A., dando una sencilla tabla (tabla 6), que establece el N anual disponible en kg/ha en función de la riqueza en % de materia orgánica del suelo. En nuestros ensayos da una media de contenido en m.o. de todos los análisis realizados del 3,49%, Según la tabla del C.B.P.A., considerando en un 3,5% la m.o. media del suelo del invernadero y para suelos de textura arcillosa, resulta que la cantidad de N disponible procedente de la nitrificación del humus del suelo estaría en una horquilla entre 35 y 70 kg/ha. Tomamos para la fórmula la mediana de la horquilla, 52,50 kgN/ha disponible anualmente.



Esta fracción y la del apartado anterior se pueden ajustar considerando únicamente la superficie de suelo humectada, siendo los niveles de migración los mostrados en la tabla 3 de la Orden de 16 de junio de 2016, que para el caso de hortalizas de invernadero y una línea de emisores da un valor de 0,25-0,5 de minoración.

3) N mineralizado a partir de los fertilizantes y enmiendas orgánicas, cuyo cálculo es el mismo que se realizaba en el C.B.P.A., da una tabla (tabla 4) del N orgánico mineralizable el primer año en % (que es el que se considera) en función del tipo de estiércol y la riqueza media del mismo y en este caso además para un segundo y tercer año. Se indica además como para explotaciones de más de 10 ha el valor no será el propuesto en la tabla, sino el resultante del análisis del material orgánico. En nuestro ensayo, calculando una riqueza media del estiércol en N en materia fresca para todas las anualidades del 0,67% (1,5% en materia seca y 45% de humedad media) y teniendo en cuenta que se aplicó una media de 3,31 kg/m² para todos los años de ensayo y una mineralización el primer año del 45% resulta que en la fórmula tenemos que considerar una media de 17,212 gN/m² como la cantidad aportada por la fertilización orgánica. Esto resulta de multiplicar 3,31 kg/m² estiércol x 0,675% N x 45% mineralización 1º año x 1.000 g/kg = 10,05 gN/m² y equivale a 100,54 kgN/ha.

4) N aportado por el agua de riego, que depende de la concentración de nitrato del agua y del volumen suministrado y se halla por la misma fórmula que en el C.B.P.A.

$$\text{kgN/ha} = [\text{NO}_3^-] \times V_r \times 22,6 / 10^5 \times F$$

Teniendo en cuenta que la concentración de nitratos en el agua de riego de los ensayos, muy homogénea durante todo el periodo de ensayos, por tratarse de agua del Trasvase Tajo-Segura, dio un valor de 0,1 mg/l de nitratos y que el volumen total de riego medio de todas las anualidades, incluyendo la solarización, resulta ser de 6.021,51 m³/ha. la fórmula resulta:

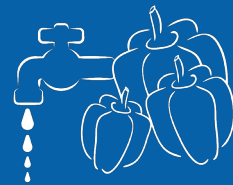
$$\text{kgN/ha} = [\text{NO}_3^-] \times V_r \times 22,6 / 10^5 \times F = 0,1 \text{ mg/l} \times 6.021,51 \text{ m}^3/\text{ha} \times 22,6 / 10^5 \times 0,85 = 0,1157 \text{ kgN/ha/año aportados con el agua de riego.}$$

Teniendo en cuenta los datos anteriores, resultaría que según la Orden de 16 de junio de 2016, la cantidad de N mineral adecuada a la producción de nuestro cultivo, para la medida de todos los años ensayados sería la dada por la fórmula:

Suma: $N_{\text{min}_1} \times 10-15\% \times 0,25-0,5 + N \text{ mineralización m.o.} \times 0,25-0,5 + \text{Dosis de enmienda aplicada} \times 45\% + N \text{ agua riego}$

Suma (tomando valores medios): $1.053,50 \text{ kgN/ha} \times 12,5\% \times 0,375 + 52,50 \text{ kgN/ha} \times 0,375 + 223,40 \text{ kgN/ha} \times 0,45 + 0,1157 \text{ kgN/ha} = 49,38 + 19,69 + 100,53 + 0,1157 = 169,71 \text{ kgN/ha}$

Indican como dentro del periodo de vigencia del Plan de Actuación, los niveles de nitratos (N_{min_1}) presentarán una tendencia descendente, asumiendo este parámetro como indicador del balance global de N de la explotación, que servirá de interpretación para el reajuste del balance en años sucesivos, modificando, en su caso, el porcentaje de agotamiento de nitratos de la tabla 2 de la Orden.



La dosis máxima de abonado mineral nitrogenado se calcula por la diferencia entre las dosis de abonado indicadas en la tabla 5 de la Orden y el N asimilable por los cultivos procedente de la suma de las fracciones anteriores, de manera que tenemos:

$$\begin{aligned} \text{N mineral} &= \text{Dosis N (249,53-377,01 kgN/ha)} - 1.053,50 \times 10^{-15\%} \times 0,25-0,5 + 52,50 \\ &\text{kgN/ha} \times 0,25-0,5 + 223,40 \text{ kgN/ha} \times 45\% + 0,1157 \text{ kgN/ha} = 249,53-377,01 - 140,10- \\ &205,90 = 109,43-171,11 \text{ kgN/ha} \end{aligned}$$

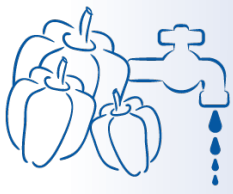
Por lo tanto, según la Orden de 16 de junio de 2016, en las condiciones de producción, estercolado, suelos y agua de riego de nuestros ensayos, la cantidad adecuada aportar para las dosis de N recomendadas en el cultivo de pimiento de invernadero sería de entre 109,43 y 171,11 kgN/ha, es decir 10,94-17,11 g/m². No obstante la fórmula del balance de N no indica que deban tomarse los valores mínimos o máximos de las horquillas, permitiendo al agricultor un importante margen a la hora de decidir el abonado, lo que podría llevarle a sobredimensionarlo, como ocurría, aunque en menor medida, en el C.B.P.A. Así, si un agricultor o su técnico se va al coeficiente de extracción más alto, tomaría el valor de 377,01 kgN/ha si, por el contrario, se fuera a los valores más bajos de la horquilla respecto al N inorgánico (10% x 0,25) o el N de la mineralización de la m.o. del suelo (0,25), al final resultaría que calcularía una dosis de N mineral a aplicar de 377,01 - 140,10 = 236,91 kgN/ha, una cantidad de abonado nitrogenado innecesaria según hemos visto en nuestros ensayos y que en buena parte acabaría lixiviándose.

Además es preciso indicar que pueden producirse variaciones significativas al realizar este cálculo debidas sobre todo al aporte de estiércol, ya que actúan factores como la humedad o la riqueza media en N, que pueden variar mucho de unas enmiendas a otras y alterar el resultado. También puede variar el cálculo debido a la amplia horquilla que ofrece la tabla de la Orden de N liberado por el humus en función de la riqueza en m.o. del suelo y la textura, nosotros hemos tomado el valor medio.

En relación con el C.B.P.A., la formula ha mejorado en el sentido que considera la fracción de N mineral inorgánico soluble al inicio del cultivo (el C.B.P.A. también la consideraba, pero sin indicar como calcularla y era una fracción que generalmente no daban los laboratorios en sus análisis); pero por otro lado hay varios aspectos en los que empeora respecto de la lixiviación de nitratos. Así, infravalora la cantidad de N procedente de la mineralización de la m.o. del suelo respecto al C.B.P.A., al considerar únicamente la superficie de suelo humectada, minorando en hortalizas de invernadero al 0,25-0,5, lo que creemos es un error, puesto que al final en invernadero todo el perfil se humedece. Por otro lado, la horquilla que se ofrece respecto de las dosis máximas de N es muy amplia (un coeficiente de extracción entre 3 y 4,5 en pimiento de invernadero), lo que deja un amplio margen para abonar a agricultores y técnicos que puede llevarles a sobrefertilizar. Todo esto hace que la fórmula no sea muy precisa, menos si cabe que la del C.B.P.A.

PROPUESTA DE CÁLCULO DEL BALANCE DE N EN EL CULTIVO DE PIMIENTO DE INVERNADERO. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS DE ABONADO MINERAL NITROGENADO.

Llegado este punto, se ha creído conveniente por los conocimientos obtenidos en esta tesis, revisar las fórmulas de cálculo vigentes para el cálculo de la dosis de abonado mineral en el cultivo de pimiento, la del C.B.P.A. de la Región de Murcia (B.O.R.M. 12 de diciembre de 2003), de obligado cumplimiento para todos aquellos que reciban ayudas agroambientales fuera de las zonas vulnerables y recomendadas para los demás agricultores y la de la Orden de 16 de junio de 2016, de obligado cumplimiento para todos aquellos que cultiven en las zonas vulnerables. La revisión de estas fórmulas



se ha considerado por varias causas: los resultados derivados de las mismas, que dan lugar a una sobrefertilización nitrogenada según hemos visto en los ensayos; la amplia horquilla de valores que ambas fórmulas permiten, que hemos creído conveniente revisar, puesto que consideramos que es mejor ofrecer directamente un valor fijo medio que no una horquilla de valores; la necesidad de integrar en una sola fórmula las bondades de ambas y por último la necesidad de ofrecer al agricultor fórmulas más precisas, que no den lugar a ambigüedades de interpretación, como ocurre en el caso del N mineral inorgánico soluble al inicio del cultivo.

Proponemos los siguientes cálculos :

1) Dosis N en función de la producción, para un rendimiento bruto (comercializable) de 95-130 t/, el C.B.P.A. da una dosis recomendada de 285-390 kgN/ha, lo que equivale a un coeficiente de extracción en kgN/t de 3. La Orden de 16 de junio de 2016, en el caso del pimiento de invernadero da un coeficiente de extracción en kgN/t de entre 3 y 4,5. Creemos que este valor se debe dejar en el establecido en el C.B.P.A., que es tres. El agricultor dispondría aquí de un pequeño margen de actuación, pudiendo considerar una cosecha esperada mayor que la que al final realmente obtenga.

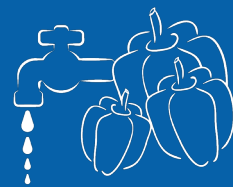
En nuestros ensayos, con un rendimiento bruto de 83,18 t/ha (media de las todas las anualidades), implicaría unas necesidades del cultivo de $83,18 \times 3 = 249,53$ kgN/ha.

2) N inorgánico soluble e intercambiable en el suelo al inicio del cultivo.

Que el agricultor tome una muestra de suelo al inicio del cultivo y la mande a analizar al laboratorio, solicitando el valor mg/kg de nitratos, que llamamos N_{min_i} , para lo que el laboratorio tendrá que calcular las ppm de nitratos y la densidad aparente del suelo. La muestra debe ser tomada de varios puntos del invernadero y de entre los 0 y 30 cm de suelo, evitando que sea solo superficial por ser dónde se acumulan más las sales. Como establece la Orden de 16 de junio, se toma solo una parte de este elemento como N disponible por el cultivo que llaman factor de agotamiento de nitratos del suelo, función del N_{min_i} analizado en laboratorio y que para hortícolas (profundidad efectiva de las raíces de 30 cm) nos parece más adecuado, dada la gran movilidad de este ión, tomar un valor en todos los casos de 10%. También nos parece correcto en este caso minorar los resultados por la superficie humectada, aplicando la tabla 3 de la Orden de 16 de junio pero sin horquilla, considerando por los mismos motivos para el caso de pimiento de invernadero y un gotero el menor coeficiente de minoración: 0,25.

Según nuestros ensayos, este valor resultaría $1.053,50 \times 10\% \times 0,25 = 26,34$ kgN/ha aportados por los nitratos del suelo al inicio del cultivo.

3) N procedente de la mineralización neta de la materia orgánica del suelo, calculado en el C.B.P.A. dando una sencilla tabla, que establece el N anual disponible en kg/ha en función de la riqueza en % de materia orgánica del suelo. La Orden de 16 de junio de 2016, permite ajustar esta fracción considerando únicamente la superficie de suelo humectada, dando que para el caso de hortícolas de invernadero y una línea de emisores da un valor de 0,25-0,5 de minoración. A nuestro juicio esta minoración infravalora, en el caso del cultivo de pimiento de invernadero, las dosis de N aportadas por la m.o. del suelo, puesto que en estos cultivos al final todo el perfil se acaba humedeciendo, debido a la alta densidad del cultivo. La muestra debe ser



tomada de varios puntos del invernadero y de entre los 0 y 30 cm de suelo, evitando que sea solo superficial por ser dónde se acumula más la materia orgánica.

En nuestros ensayos da una media de contenido en m.o. de todos los análisis realizados del 3,49%, Según la tabla del C.B.P.A., considerando en un 3,5% la m.o. media del suelo del invernadero y para suelos de textura arcillosa, resulta que la cantidad de N disponible procedente de la nitrificación del humus del suelo estaría en una horquilla entre 35 y 70 kg/ha. Creemos que sería más adecuado dejar un valor medio para estas horquillas, nosotros tomamos para la fórmula la media de la horquilla, 52,50 kgN/ha.

4) N mineralizado a partir de las enmiendas orgánicas, cuyo cálculo es el mismo en el C.B.P.A., que en la Orden de 16 de junio de 2016, dando una tabla del N orgánico mineralizable el primer año en % (que es el que se considera) en función del tipo de estiércol y la riqueza media del mismo y en el caso de las Orden de 16 de junio de 2016, además para un segundo y tercer año. Se indica además como para explotaciones de más de 10 ha el valor no será el propuesto en la tabla, sino el resultante del análisis del material orgánico. Nosotros proponemos por la variabilidad de la materia orgánica (riqueza en N, humedad, etc.), realizar el análisis de los estiércoles aplicados anualmente y calcular de esa manera la riqueza media del estiércol en N. Proponemos además que no solo se tome la mineralización del primer año, sino además la del segundo año, proveniente del estiércol aplicado el año anterior. El agricultor debe tomar una muestra homogénea del estiércol a aplicar y el laboratorio debe calcular el N total en % sobre la muestra fresca y el porcentaje de humedad.

En nuestro ensayo, obteníamos una riqueza media del estiércol en N en materia fresca para todas las anualidades del 0,675% (1,5% en materia seca y 45% de humedad media) y teniendo en cuenta que se aplicó una media de 3,31 kg/m² para todos los años de ensayo y una mineralización el primer año del 45% y del segundo año del 25%, resulta que en la fórmula tenemos que considerar una media: 3,31 kg/m² estiércol x 0,675% N x 45% mineralización 1º año x 1.000 g/kg + 3,31 kg/m² estiércol x 0,675% N x 25% mineralización 2º año x 1.000 g/kg = 10,05 + 5,58 = 15,63gN/m² y equivale a 156,30 kgN/ha.

5) N aportado por el agua de riego, que depende de la concentración de nitrato del agua y del volumen suministrado y se halla por la misma fórmula que en el C.B.P.A. y la Orden de 16 de junio de 2016

$$\text{kgN/ha} = [\text{NO}_3^-] \times V_r \times 22,6 / 10^5 \times F$$

El agricultor debería mandar una muestra del agua de riego al laboratorio para que le calculen los nitratos de la misma en mg/l, considerando en este caso que, dada la homogeneidad del agua de riego para cada finca, este análisis puede ser válido para todas las anualidades si no se cambia el tipo de agua de riego. Teniendo en cuenta que la concentración de nitratos en el agua de riego de los ensayos, dio un valor de 0,1 mg/l de nitratos y que el volumen total de riego medio de todas las anualidades, incluyendo la solarización, resultase de 6.021,51 m³/ha. la fórmula resulta:

$$\text{kgN/ha} = [\text{NO}_3^-] \times V_r \times 22,6 / 10^5 \times F = 0,1 \text{ mg/l} \times 6.021,51 \text{ m}^3/\text{ha} \times 22,6 / 10^5 \times 0,85 = 0,1157 \text{ kgN/ha/año aportados con el agua de riego.}$$

Según lo anteriormente propuesto, resultarían unas dosis de N mineral a aplicar en kg/ha derivadas de la fórmula del balance de N siguiente:

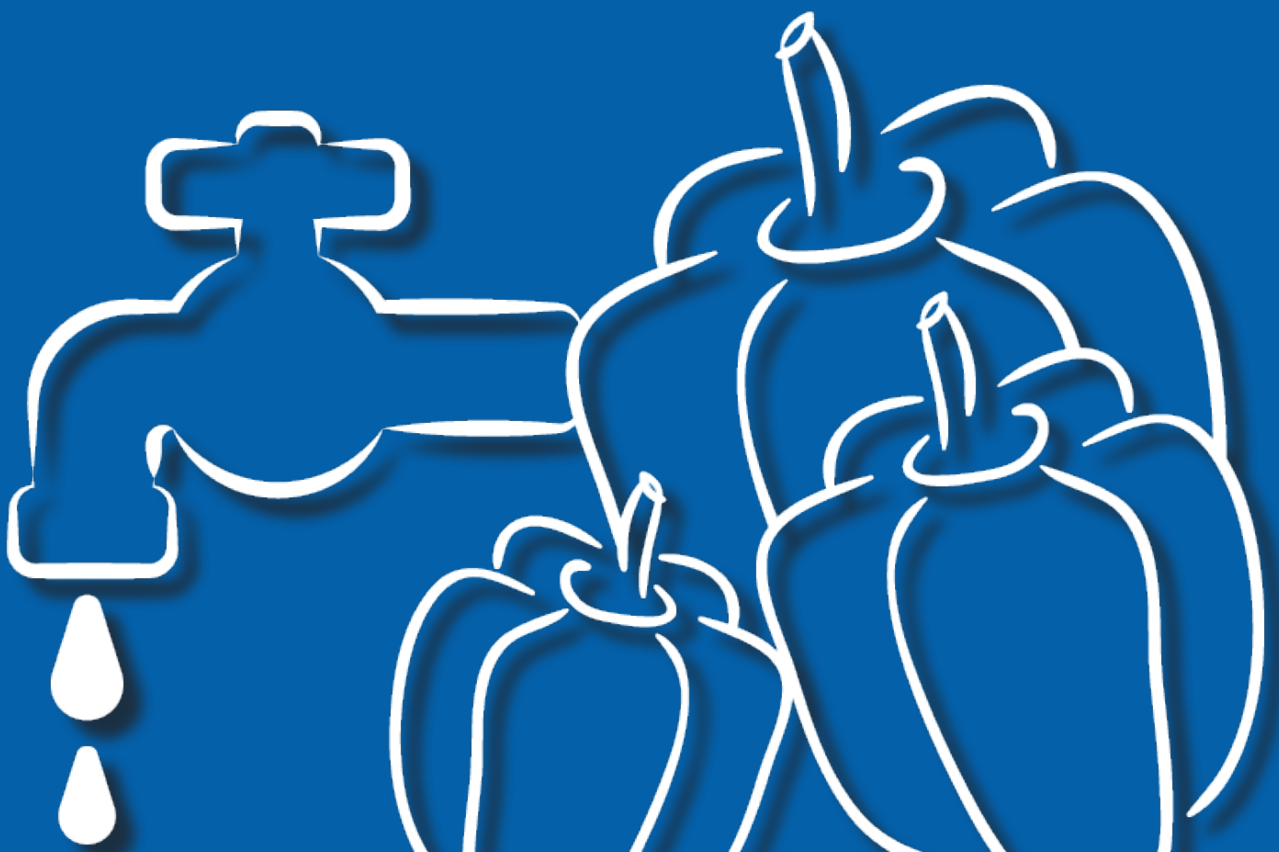
$$\text{N mineral} = \text{Dosis N} - \text{N inorgánico suelo} - \text{N mineralización m.o. suelo} - \text{N enmiendas} - \text{N agua riego} = \text{kgN/ha}$$

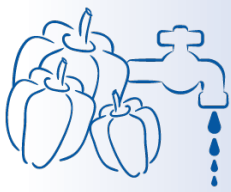
$$\text{N mineral} = \text{Dosis N (249,53 kgN/ha)} - \text{N inorgánico suelo (26,34kgN/ha)} - \text{N mineralización m.o. suelo (52,50 kgN/ha)} - \text{N enmiendas (156,30 kgN/ha)} - \text{N agua riego (0,1157 kgN/ha)} = 249,53 - 235,25 = 14,28\text{kgN/ha}$$

Según los datos de esta fórmula corregida, se necesitaría aplicar una cantidad muy pequeña de abonado mineral nitrogenado al suelo (14,28 kg/ha), en las condiciones de nuestro cultivo (materia orgánica aplicada y N mineral en suelos y agua de riego) y para una producción total obtenida de 8,318 g/m², lo que está en consonancia con los resultados obtenidos en los ensayos, donde tanto el tratamiento ecológico como el T-1, sin aportación de abonado mineral nitrogenado, no han dado mermas en la producción comercial de pimientos.

Capítulo 3

Introducción: El cultivo de pimiento de invernadero





3.1.- EL CULTIVO DEL PIMIENTO

3.1.1.- Fisiología, material vegetal y ciclos de cultivo

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA: ORIGEN, MORFOLOGÍA Y TAXONOMÍA

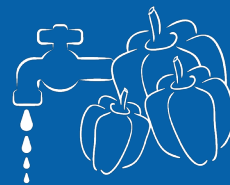
El pimiento es originario de la zona de Bolivia y Perú, donde además de *Capsicum annuum L.* se cultivaban al menos otras cuatro especies. Fue traído al Viejo Mundo por Colón en su primer viaje (1493). En el siglo XVI ya se había difundido su cultivo en España, desde donde se distribuyó al resto de Europa y del mundo con la colaboración de los portugueses.

A continuación se describe morfológicamente la planta del pimiento:

- Planta: Herbácea perenne con ciclo de cultivo anual de porte variable entre los 0,5 metros (en determinadas variedades de cultivo al aire libre) y más de 2 metros (gran parte de los híbridos cultivados en invernadero).
- Sistema radicular: Pivotante y profundo (dependiendo de la profundidad y textura del suelo), con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 centímetros y 1 metro.
- Tallo principal: De crecimiento limitado y erecto. A partir de cierta altura (“cruz”) emite 2 o 3 ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continúa ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo (los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas, y así sucesivamente).
- Hoja: Entera, lampiña y lanceolada, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo y poco aparente. El haz es glabro (liso y suave al tacto) y de color verde más o menos intenso (dependiendo de la variedad), y brillante. El nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del pecíolo, del mismo modo que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto.
- Flor: Las flores aparecen solitarias en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas. Son pequeñas, constan de una corola blanca y la fecundación es casi totalmente autógena, aunque puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10%.
- Fruto: Baya hueca, semicartilaginosa y deprimida, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde escasos gramos hasta más de 500 gramos.
- Semillas: Se encuentran insertadas en una placenta cónica de disposición central. Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 centímetros. En un gramo pueden encontrarse entre 120-200 semillas, cuyo poder germinativo es de 3-4 años.

EXIGENCIAS EN CLIMA Y SUELOS.

Aunque los valores óptimos de desarrollo están claramente determinados, es conveniente conocer los niveles tanto máximos como mínimos, por encima y por debajo de los cuales éste se ve seriamente afectado. De este modo y en la medida de lo posible, se intentarán modificar en pro de obtener un mayor rendimiento.



Introducción: El cultivo de pimiento de invernadero

Temperatura

Es una especie sensible al frío, que requiere temperaturas más elevadas que otros como por ejemplo el tomate. La cobertura del suelo con arena u otro material, ya sea inerte o vegetal, tiene gran influencia en la captación y acumulación de calor. A continuación se presenta una tabla con las temperaturas más relevantes en diferentes etapas del cultivo:

FASES DEL CULTIVO	Tª ÓPTIMA (C°)	Tª MÍNIMA (C°)	Tª MÁXIMA (C°)
Germinación	20-25	13	40
Crecimiento vegetativo	20-25 (día) 16-18 (noche)	15	32
Floración y fructificación	26-28(día) 18-20 (noche)	18	28

Tabla 6.- Temperaturas críticas para pimiento en las distintas fases de desarrollo (Fuente: <http://www.infoagro.es>).

Humedad

El pimiento es una planta muy sensible a las condiciones de baja humedad relativa y altas temperaturas, que provocan en él una excesiva transpiración, que se manifiesta en la caída de flores y frutos. Pero, si importante es la humedad ambiental, no lo es menos la humedad del suelo. Tanto en un caso como en otro se vigilará que sus niveles se aproximen lo máximo posible al óptimo.

La humedad relativa óptima para el cultivo del pimiento se centra entre el 50% y el 70%. Cuando la humedad ambiental supera el 80%, se producen condensaciones en el techo del invernadero cuyo posterior goteo favorece el desarrollo de enfermedades aéreas y dificulta una normal fecundación.

Luminosidad

Depende de la insolación, influyendo en el fotoperiodo. El pimiento es una planta de floración neutra, por lo que la mayor o menor duración del día no tiene una repercusión determinante. No obstante, es muy exigente en luminosidad, aunque como es lógico hay que tener presente que la apertura de las flores se ve afectada en condiciones de baja luminosidad, por ejemplo en los días nublados.

Suelos

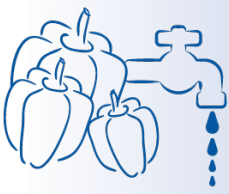
En cuanto a suelos, es una planta más exigente que el tomate. Requiere suelos profundos, ricos, bien aireados y sobre todo bien drenados, en los que el agua no “duerma”. Los mejores suelos para el cultivo del pimiento son los franco-arenosos y con ausencia de una capa freática en superficie, permitiendo extraer mayor cantidad de nutrientes al favorecer el crecimiento de sus raíces.

Puede resistir ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5,5) y en cultivos enarenados puede cultivarse con pH próximos a 8. El pH del agua de riego óptimo es de 5,5 a 7 (según ensayos de R. Tesi en 1985). Es una especie con moderada tolerancia a la salinidad, menos resistente que el tomate: 1,4 a 2,1 dS/m.

MATERIAL VEGETAL: ELECCIÓN DE VARIEDADES.

Dada la complejidad taxonómica existente en el pimiento, es difícil establecer una clasificación homogénea que agrupe las distintas variedades. Actualmente se suele utilizar la clasificación debida a Pochard (1966). Desde un punto de vista práctico existen tres grupos varietales:

- Variedades dulces, que suelen tener frutos de tamaño grande, son las que se cultivan



en invernaderos y su cultivo está muy extendido para el consumo en fresco y la industria conservera.

- Variedades con sabor picante, muy cultivadas en Sudamérica, suelen ser variedades de fruto largo y delgado.
- Variedades para la obtención de pimentón, que en realidad son un “subgrupo” de las variedades dulces.

La elección de variedades (todas dulces) por los agricultores obedece a la adaptación de las mismas a sus necesidades particulares. Estas necesidades no son únicamente agronómicas (aspecto este que afecta muy directamente a la decisión personal del agricultor), sino también, y cada vez más, a cuestiones comerciales sugeridas y, en ocasiones, impuestas por los responsables de las organizaciones de ventas como respuesta a necesidades expresadas por sus clientes finales, mercados y consumidores, que son en su mayoría de origen extranjero. En la campaña 1999/2000 la demanda de la exportación fue mayoritariamente de variedades tipo ‘California’, siendo la variedad ‘Orlando’ la más utilizada para producción en rojo, mientras que las de maduración en amarillo se repartieron entre ‘Capino’, ‘Maribel’, ‘Paraíso’ e ‘Indalo’. En definitiva, todo ello significa que el agricultor está obligado a producir lo que alguien quiere comprar y no lo que a él le interese producir por razones sólo y exclusivamente agronómicas.

En la realidad lo que se intenta es buscar un equilibrio entre ambos parámetros, de forma que la respuesta agronómica sea suficiente para que el agricultor alcance niveles de rentabilidad que le permitan, respondiendo a tales demandas, cubrir sus necesidades como empresa. Una vez analizados los parámetros anteriormente expuestos, hay que tener en cuenta los ciclos de cultivo y los tipos y variedades de pimiento que mejor se adapten a cada uno de ellos.

En la zona donde nos encontramos las plantaciones más tempranas se realizan en octubre, llegándose a plantar hasta finales de enero y principios de febrero. El ciclo del cultivo se alarga hasta el mes de julio, en el caso de los tempranos, o hasta los meses de agosto y septiembre, en los tardíos.

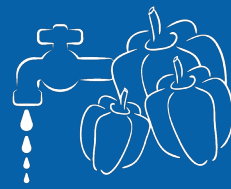
En el pimiento tipo ‘California’, más exigente en temperatura que el tipo ‘Lamuyo’, la plantación empieza tarde para alargar el ciclo productivo y evitar, en lo posible, problemas de cuajado cuando las temperaturas nocturnas comiencen a bajar excesivamente. Tiene tres colores de maduración, rojo, amarillo y naranja.

Los pimientos largos de carne gruesa tipo ‘Lamuyo’ son algo más tolerantes a las bajas temperaturas y su plantación se adelanta en busca de producciones más tempranas, generalmente mejor cotizadas en el mercado. En zonas cálidas, como la nuestra, se suele hacer una plantación temprana, a finales de septiembre o primeros de octubre, con el tiempo justo para cuajar los frutos de las primeras cruces antes de que bajen las temperaturas, quedando el pimiento generalmente como cultivo único, pues resulta tarde para una plantación de primavera.

Para los pimientos de carne fina tipo ‘Italiano’, más tolerantes al frío, se utiliza normalmente el ciclo único, con plantación en septiembre u octubre y recolección entre diciembre y mayo, con



Foto 2. Pimientos tipo “California”, “Lamuyo” e “Italiano” respectivamente.



Introducción: El cultivo de pimiento de invernadero

producciones del orden de los 6-7 kg/m².

Actualmente el cultivo del pimiento se desarrolla en invernaderos sin climatizar, debiendo soportar las plantas situaciones límites en temperatura, HR, etc.; por lo cual el comportamiento de una variedad cambia según las condiciones a que se le someta en fechas de siembra, técnicas de cultivo o climatología del año, por lo que hace falta un tiempo para conocerla y evaluarla.

LOS CICLOS DE CULTIVO

Existen dos ciclos productivos principales en cultivo de invernadero, el denominado de primavera (o ciclo extratemprano), que se realiza en el Levante español, y el denominado de otoño (o ciclo extratardío), que se realiza desde Almería hasta Málaga y en las Islas Canarias. Las diferencias de ciclo son consecuencia de que en estas últimas regiones existen mejores condiciones climáticas que en el Levante, sobre todo temperaturas invernales más elevadas.

En el ciclo de primavera, la fecha de plantación tiene lugar desde noviembre hasta enero, siendo la más utilizada la quincena que va de finales de noviembre a mediados de diciembre. Su producción se centra más en Murcia, con unas 1.700 ha. Una plantación más precoz implicaría un mayor riesgo en el ataque de enfermedades, fundamentalmente de Botrytis, y de virosis transmitida por pulgones, como el PVY y el CMV, lo que ocasionaría pérdidas de calidad en los frutos. Una plantación más tardía, aunque con menores problemas sanitarios y mejor calidad en los frutos, obtendría peores cotizaciones que la plantación más precoz. En este ciclo de primavera, la recolección suele iniciarse en marzo y terminar en julio o agosto, según sean los precios, obteniéndose una producción de 10-12 kg/m², pudiendo llegar a principios de octubre (Nuez *et al.*, 1996).

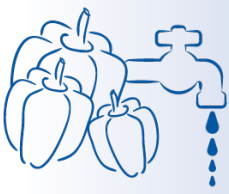
PLANTACIÓN	RECOLECCIÓN
Noviembre-diciembre	Marzo-julio/agosto

Tabla 7.- Ciclo de plantación y recolección empleado en los ensayos.

Los cultivares tipo “California” son más exigentes en temperaturas que el tipo “Lamuyo”, por lo que los primeros, en este ciclo de cultivo deben ser ayudados en algunos casos con sistemas de calefacción de apoyo, es decir, deben ser cultivados en invernaderos calientes o con calefacción.

En el ciclo de otoño-invierno su cultivo se centra prácticamente en Almería y la superficie se estima actualmente en torno a las 6.300 ha. Estas cantidades globales se pueden subdividir entre los diferentes colores que componen este tipo de pimiento, siendo unas 4.200 ha para cultivo de fruto rojo, 2.000 ha para el amarillo y ya de lejos, unas 100 ha para el de color naranja. En este ciclo puede haber distintas fechas de plantación, según sea el tipo de variedades elegido y el destino de la producción.

La plantación de los cultivares tipo ‘California’ debe iniciarse muy pronto, ya que son más exigentes en temperatura que los tipos ‘Lamuyo’. En las zonas altas próximas a la costa, la plantación de estos cultivares comienza a principios de junio, finalizando en las zonas costeras, de clima más benigno, a principios de agosto. La recolección suele iniciarse en septiembre y termina en noviembre o diciembre en las zonas altas y a finales de enero o febrero en las zonas costeras. La producción total puede oscilar entre los 8 y 12 kg/m². La plantación de los tipos Lamuyo se realiza normalmente en agosto, buscando producciones más tardías que puedan alcanzar mejores cotizaciones. La recolección se inicia en noviembre y finaliza en abril (Nuez *et al.*, 1996). En nuestros ensayos hemos seguido el ciclo tradicional de la Comarca del Campo de Cartagena tanto para ‘Lamuyo’ como para ‘California’, transplantando en diciembre y levantando el cultivo en agosto.



INVERNADEROS

Se puede decir que los medios económicos limitados de que disponían los agricultores en el área del mediterráneo, junto a las condiciones climáticas, han sido los motores esenciales del desarrollo de los invernaderos de plástico. En efecto, tanto las estructuras que se desarrollaron en esta zona como los equipamientos adoptados, se caracterizan por un nivel de inversión mucho más bajo que los invernaderos de vidrio y por unos gastos de funcionamiento inferiores (ausencia de control del clima).

En la actualidad en el Campo de Cartagena aparecen varios tipos de estructuras, siendo las más antiguas las de tipo parral con postes de madera (rollizos de eucaliptos), seguidas de invernaderos de este mismo tipo, con tubos galvanizados o perfiles de hierro. La tendencia actual es la sustitución de estos invernaderos por multitúneles dotados con sistemas que permiten controlar las condiciones atmosféricas dentro del invernadero.

El invernadero tipo multitúnel ha sido el empleado en el desarrollo de los ensayos de esta tesis porque presenta un gran número de ventajas respecto al tipo “parral”, como un mayor aprovechamiento de la superficie al reducirse considerablemente el número de postes necesarios para la sujeción del mismo y también se gana en altura, resistencia y durabilidad. Otra significativa mejora introducida en los invernaderos de pimiento tipo multitúnel ha sido la proporcionada por la posibilidad de controlar el clima, a través de la ventilación y la colocación de pantallas de sombreado y térmicas. La ventilación cenital, cuando se combina adecuadamente con la ventilación proporcionada por las ventanas laterales, permite una renovación más racional de la atmósfera del invernadero, evitando valores elevados de la humedad y aumentos excesivos de la temperatura.

Como su propio nombre indica su estructura se asemeja a la de varios túneles unidos para disponer de mayor superficie. Su estructura está compuesta por una serie de hierros galvanizados rectos, que sirven como pilares, en los que se apoyan otros hierros con forma curva, cuya función será la de sujetar la cubierta. Sobre el centro de estos últimos suele ir otro hierro recto, pasando por todas las cumbres con el fin de sujetar correctamente el plástico.

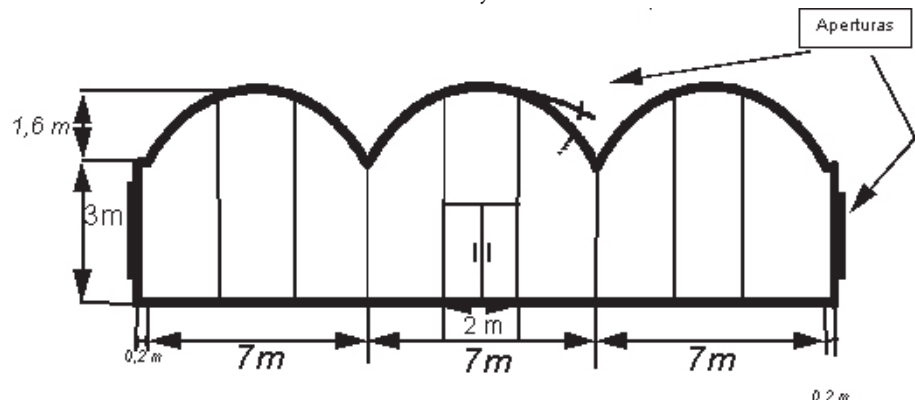
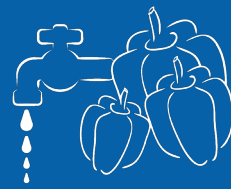


Figura 5. Dibujo de un invernadero tipo multitúnel visto frontalmente. Actualmente las medidas de altura de canal varían entre los 3 y 4,5 m y la anchura del túnel entre los 6 y 9,2 m.

Hay diferentes tipos de plástico termoaislantes para recubrimiento de los invernaderos, el más usado en ésta zona de Murcia es el PVC (rígido o flexible), resultado de una polimerización del cloruro de vinilo. Este plástico es sensible al frío, su resistencia al choque disminuye de manera sensible a baja temperatura (-20°C), es sensible al depósito de polvo y posee, además, el inconveniente de cambiar de color con el tiempo. Su elasticidad excesiva bajo elevada temperatura limita su uso en grandes túneles e invernaderos. Las placas rígidas (onduladas o no) se utilizan en cubiertas de invernaderos.



3.1.2.- Plagas y enfermedades del pimiento

LAS PLAGAS.

Debido al elevado número de plagas e insectos auxiliares que pueden aparecer en el cultivo del pimiento y lo extenso que puede ser su descripción y dado que su estudio no es el objeto principal de esta tesis, sólo se referencian los que han aparecido en alguna ocasión a lo largo de los ocho años de ensayos.

LOS ÁCAROS.

La araña roja *Tetranychus urticae* se encuentra ampliamente distribuida en los cultivos de pimiento en invernadero en la zona del Sureste español. Siendo una plaga que pasa prácticamente inadvertida en invernaderos con lucha química, debido a la polivalencia de las materias activas utilizadas contra otras plagas, adquiere, sin embargo, gran relevancia en aquellos en los que se plantea el uso de insectos auxiliares. Las poblaciones comienzan a ser incipientes desde el inicio de la primavera, alcanzando cotas máximas durante la segunda quincena de mayo y la primera de junio, causando daños que van desde la reducción de la capacidad fotosintética, a la desecación total de las plantas. Aparece en focos o rodales, y normalmente desde los límites de la parcela, donde las malas hierbas que crecen junto al plástico o en el exterior del invernadero, actúan como reservorios y núcleos de multiplicación.

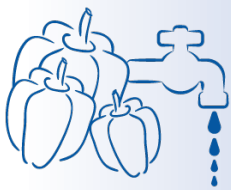
LOS INSECTOS:

TRIPS

Frankliniella occidentalis (Pergande) constituye la plaga fundamental del cultivo del pimiento en la zona del sureste español, debido fundamentalmente a los daños indirectos que ocasiona, al estar implicado en la transmisión del virus del bronceado del tomate (TSW). Inicialmente relegada a la parte Oeste de Estados Unidos (California), ha experimentado, en los últimos treinta años, una amplia extensión por los cinco continentes, relacionada con el comercio de material vegetal contaminado, y debido a su gran capacidad de adaptación y su gran polifagia. En España, llega a detectarse por vez primera en septiembre de 1986 sobre cultivo de pimiento, en el Campo de Dalías, provincia de Almería (Lacasa y Tello, 1987). En 1989 se encontraba presente en todas las regiones de la costa mediterránea y en las Islas Canarias. Actualmente, puede encontrarse ya en todas las provincias del territorio español.

En las condiciones del Campo de Cartagena, el período de máximos poblacionales se da entre finales de abril o principios de mayo y principios o mediados de julio, al darse condiciones óptimas de temperatura en el invernadero, en torno a 25-30 °C. A partir de mediados de julio, descienden las poblaciones, debido a las altas temperaturas máximas alcanzadas, pues la mortalidad larvaria a 35°C es muy alta (Contreras *et al*, 1999). Las elevadas poblaciones de auxiliares (*Orius* spp., y otros depredadores generalistas) que pueden encontrarse en los cultivos de calle y adventicias en esas fechas, pueden contribuir también al rápido descenso de los incrementos poblacionales. Los daños causados *F. occidentalis*, son de dos tipos: en primer lugar, los daños directos, atribuibles a las picaduras de alimentación y puesta, y en segundo; los indirectos, por su implicación en la transmisión del virus del bronceado del tomate (TSWV). En los últimos años, los daños indirectos han ganado protagonismo en detrimento de los primeros, a los que prácticamente no se les presta atención; en base a la violenta epidemiología que desarrolla la enfermedad sobre el cultivo.

La utilización de trampas cromotrópicas para realizar el seguimiento de las poblaciones de trips y/o mosca blanca, se considera una práctica habitual, y proporciona buenos resultados tanto en el seguimiento como en el control de inmigraciones esporádicas en los primeros meses de cultivo. Numerosos trabajos ponen de manifiesto la importancia de la colocación de mallas antipulgón o antitrips



en las aperturas de ventilación de los invernaderos, como método para reducir las poblaciones de trips inmigrantes, y en consecuencia, disminuir de forma significativa la incidencia de TSWV en cultivos de tomate y pimiento, al limitar la entrada de las fuentes de inóculo, retrasando y ralentizando las epidemias internas, por causa de la transmisión originada por los insectos vectores que se desarrollan sobre el cultivo (Costa *et al*, 1996). Es una técnica que se ha ido generalizando progresivamente, hasta ser incluida como norma obligatoria en los protocolos de producción integrada de la Región de Murcia (Normativa reguladora de P.I. de la CARM, 1999), la cual propone densidades mínimas de 10x10 hilos/cm².

La justificación del empleo de las principales especies depredadoras utilizadas en sueltas comerciales en el invernadero objeto del ensayo, tanto el ácaro fitoseido *Amblyseius (Neoseiulus) cucumeris* (Oudemans), como el hemíptero antocórido *Orius laevigatus* (Fieber) es la de sustituir los medios de lucha química paulatinamente.

PULGONES

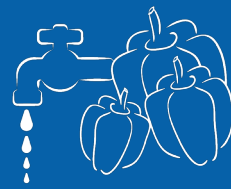
Entre las especies de áfidos que parasitan el cultivo de pimiento en invernadero se encuentran: *Myzus persicae* (Sulzer), que es la especie dominante *Aulacorthum solani* (Kaltenbach), *Aphis gossypii* (Glover) y *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), citados por orden de importancia, en cuanto a su repercusión potencial sobre el cultivo. A los daños directos debidos a la ingestión de savia y deformación de órganos vegetativos y los producidos por las picaduras, que contribuyen a inyectar sustancias fitotóxicas en la planta induciendo la formación de manchas cloróticas difusas, lo que provoca defoliaciones y debilitamiento de la planta afectada, hay que añadir los daños indirectos, por estar las diferentes especies de áfidos implicados en la transmisión de múltiples virosis, de las cuales el virus Y de la patata (PVY), y el virus del mosaico del pepino (CMV), afectan al pimiento. La lucha biológica es muy efectiva, ya que existen diversas especies de insectos, tanto parasitoides como depredadores, que actúan sobre las colonias de pulgón, como el *Aphidius colemani* (Viereck).

MOSCA BLANCA

Bemisia tabaci (Homóptera, Aleyrodidae) es la única especie de mosca blanca que en la actualidad causa daños en los invernaderos de pimiento, y comenzó a manifestarse como plaga en el año 1990 (Contreras, 1997). Puede considerarse la segunda especie de artrópodo en importancia, por los daños directos que ocasiona al cultivo, ya que altas poblaciones inducen un debilitamiento de la planta, y sobre todo por los daños indirectos, ya que la producción de melaza sobre la que se desarrolla un hongo “fumagina” o “negrilla”, provoca una disminución de la capacidad fotosintética, además de la depreciación de los frutos. En la zona del sureste murciano, las generaciones se suceden de forma ininterrumpida a lo largo de todo el año, encontrando en los invernaderos condiciones óptimas para multiplicarse de forma constante; las poblaciones comienzan a aumentar a partir de mediados de mayo, alcanzando niveles importantes a partir del mes de julio, y reduciéndose sus poblaciones al mínimo durante el invierno. La eliminación de malas hierbas, supresión de restos de cosechas y, sobre todo, evitar que el material vegetal pueda venir contaminado, son recursos eficaces en cuanto a retrasar la aparición de la plaga. La colocación de trampas cromotrópicas amarillas para el seguimiento y control en las primeras etapas de cultivo, es un método comúnmente utilizado, y recomendado por la normativa reguladora de P.I. de la CARM (1999), si bien el control químico ha sido hasta ahora el método más habitual en el control de la plaga, haciendo uso de materias activas con acción sobre adultos.

LAS ENFERMEDADES.

Debido al elevado número de enfermedades que pueden aparecer en el cultivo del pimiento y lo extenso que puede ser su descripción y dado que su estudio no es el objeto de esta tesis, sólo se referencian las que han aparecido en alguna ocasión a lo largo de los ocho años de ensayos.



ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR HONGOS

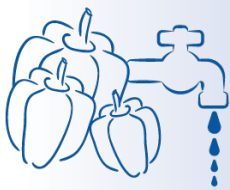
Podredumbre gris: *Botrytis cinerea* (Pers). La aparición de manchas aceitosas primero, y secas después, con la presencia de un fieltro grisáceo sobre la mancha, caracteriza el ataque de *Botrytis*. El inóculo del hongo, se mantiene en restos vegetales procedentes de cultivos anteriores, localizados sobre el suelo o enterrados, los cuales portan conidias, micelio o esclerocios del hongo, que son dispersados por el viento, lluvias o agua procedente de condensaciones o riegos. Las humedades relativas altas (próximas al 95%) y sobre todo, la presencia de agua libre sobre las plantas, son el principal factor limitante, por lo que entre las medidas preventivas se encuentran: abonados equilibrados que eviten el desarrollo excesivo de las plantas, ventilaciones adecuadas, que eviten el exceso de humedad, aplicación de productos preventivos y adecuado manejo del riego que evite los excesos de humedad en el suelo.

Podredumbre blanca: *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.). Los síntomas característicos están asociados a la permanencia de una necrosis en el tallo y la formación de una masa miceliar blanca, y posterior formación de esclerocios negros en el interior del mismo tallo. El desarrollo tiene lugar a partir de los esclerocios o el micelio presente en restos vegetales procedentes de infecciones en cultivos anteriores, los cuales permiten al hongo mantenerse durante varios años en el suelo.

Tanto para *Botrytis cinerea*, como para *Sclerotinia sclerotiorum*, es aconsejable la desinfección de parcelas de primer año de cultivo, con antecedentes de incidencia de ambas enfermedades en cultivos anteriores, bien sea por medios químicos, físicos o la conjunción de ambos.

Oidiopsis: *Leveillula taurica* (Lev.) Los síntomas de los ataques por parte de hongos del género *Leveillula*, se manifiestan en el haz como manchas amarillas difusas, que posteriormente terminan necrosando en su centro. En el envés de las hojas, aparece un fieltro grisáceo. En casos de ataques muy fuertes, llegan a producirse importantes defoliaciones, por desecación de las zonas del limbo afectadas. Altas temperaturas primaverales (20-25 °C) junto con humedades relativas superiores a un 70% son adecuadas para la proliferación de este hongo. La ventilación adecuada del invernadero, el control de las condiciones atmosféricas, un entutorado apropiado, la aplicación de fungicidas preventivos como el azufre, la alternancia de materias activas específicas y la elección de variedades que presentan cierto grado de resistencia, son los elementos a utilizar para la prevención y el control de esta enfermedad, que es, de entre las de evolución aérea, la de mayores repercusiones económicas.

Tristeza: *Phytophthora capsici* (Leonian). Produce la enfermedad conocida como “seca” o “tristeza del pimiento”. Este hongo puede resultar limitante en el cultivo de pimiento en la Región de Murcia. Su actividad y por tanto la manifestación de la enfermedad, son elevadas en primavera, principios de verano y otoño. Los síntomas de infección son: un marchitamiento generalizado de la planta, pudiendo observarse una podredumbre en la zona cortical y raíces superiores; manchas en el cuello de color verde aceitoso, que afectan a la zona cortical y que con el tiempo toman coloración marrón oscuro o negro. La planta afectada termina por desecarse, incluso con las hojas verdes, aunque en ocasiones amarillean previamente. El principal medio de control de este hongo es la desinfección del suelo, que consigue una reducción del inóculo en el suelo. El bromuro de metilo, es el fumigante habitualmente utilizado en preplantación como desinfectante total. En cualquier caso, la normativa reguladora de P.I. de la CARM (1999) prohíbe actualmente la desinfección química del suelo, “salvo causas justificadas y bajo prescripción técnica”. Como métodos físicos y biotecnológicos, las técnicas de solarización y biofumigación proporcionan buenos resultados en el control de *P. capsici* (Cenis, 1997), y han sido las empleadas en los ensayos.



ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR VIRUS

El virus del bronceado del tomate (Tomato Spotted Wilt Virus: TSWV) ha dado lugar a graves problemas epidemiológicos, cuya magnitud viene dependiendo de las características particulares de la zona en cuestión, y en el caso del sureste español, se ha mostrado como zona epidemiológica preferente, porque a los factores citados anteriormente, se han unido la permanente actividad de *F. occidentalis* durante todas las estaciones del año, al amparo de una climatología favorable, además del solape de cultivos sensibles. Para su control son aspectos importantes tanto la utilización de plantas libres de virus, desde el momento de la plantación como la eliminación de plantas adventicias, pero sobre todo, constituyen aspectos fundamentales: evitar el abandono de cultivos infectados próximos y la eliminación periódica de plantas infectadas a lo largo del ciclo de cultivo, lo que tiene como consecuencia inmediata la reducción de focos internos de infección.

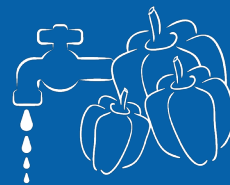
FISIOPATÍAS

Son alteraciones producidas por diversos factores nutricionales, climáticos, culturales, etc., cuya manifestación nada tiene que ver con patógeno alguno. Con el fin de evitar confusiones en el diagnóstico, lo cual podría conducir a tratamientos fitosanitarios innecesarios, se citan las fisiopatías más importantes ocurridas en el cultivo a lo largo de los ocho años de ensayos:

- Agrietamiento o rajado del fruto (Fruit cracking), es un accidente causado por aportes irregulares de agua y/o niveles altos de humedad relativa, tiene lugar en frutos maduros cuando se hincha el mesocarpio por un exceso de agua y rompe la epidermis. La mayor o menor sensibilidad a esta fisiopatía es distinta según variedades.
- Mancha apical (Blossom end rot), es una necrosis apical del fruto causada por una deficiencia de calcio durante el desarrollo del mismo. El aumento rápido de temperatura, la salinidad elevada, el estrés hídrico y térmico, son factores que favorecen en gran manera la aparición de esta fisiopatía. La mayor o menor resistencia a la misma también va en función de la variedad cultivada.
- Daños por fitosanitarios. El pimiento es muy sensible a manifestar síntomas de toxicidad causados por la aplicación de productos inadecuados o, a veces, por las temperaturas excesivas sobrevenidas después de una aplicación. Suelen ser síntomas de situaciones de este tipo: deformaciones de hojas, manchas amarillas en las mismas, intensas y rápidas defoliaciones, etc.
- Salinidad. Los excesos de concentración salina, tanto en suelo como en el agua de riego, a los que son muy sensibles las raicillas del pimiento, producen en los meristemos terminales de éstas una muerte por exómosis que se manifiesta claramente con necrosamiento.
- Quemaduras de sol (Sunscald). Manchas por desecación en frutos, como consecuencia de su exposición directa a fuertes insolaciones en estados de inmadurez, ya sea por defoliación debida al ataque de patógenos o por exposición de los frutos al sol después de un período cubierto.

3.1.3.- Técnicas culturales en el pimiento de invernadero

Se describen someramente las técnicas culturales de más frecuente aplicación en los invernaderos de pimiento de la Región de Murcia, que coinciden con la mayoría de las realizadas en los cultivos ensayados.



SEMILLEROS

El agricultor no prepara ahora sus propios plantones como era costumbre, ya que el elevado precio de los nuevos híbridos aconseja encargárselos a un semillero especializado y además no dispone de la semilla adecuada. La semilla es colocada en bandejas de poliestireno de alvéolos troncopiramidales de 3x3 ó 4x4 cm. El sustrato está constituido por una mezcla de turba rubia y turba negra junto con un complejo mineral, al que se cubre con vermiculita, siendo la profundidad de siembra de unos 3 mm. Tras la siembra se da un riego y no se vuelve a regar hasta que la planta no tenga al menos cuatro hojas verdaderas, ya que es muy sensible a enfermedades causadas por hongos como *Pythium spp.* o *Rhizoctonia solani*. El riego suele ser por aspersión, y a veces se aplican junto con éste tratamientos contra hongos o contra insectos como minadores, pulgones, mosca blanca, etc. Los plantones de pimiento de los cultivos de esta tesis se han adquirido todos los años a semillero especializado de la zona.

PREPARACIÓN DEL SUELO

Arranque del cultivo anterior

Con la suficiente antelación se eliminan los restos de cultivos anteriores y de hierbas, al menos durante las 6 semanas precedentes a la plantación, ya que son elementos contaminantes y posibles transmisores de plagas y enfermedades para el cultivo siguiente.

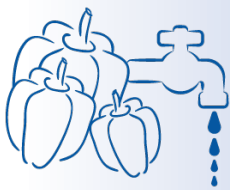
Subsolado

Con objeto de romper los horizontes endurecidos, provocados por los pases repetidos de maquinaria, que impiden la infiltración del agua y favorecen la acumulación de sales y el encharcamiento, se utilizan los subsoladores o escarificadores, que van realizando galerías a unas profundidades entre 40 y 70 cm. Si el terreno está demasiado húmedo, el suelo se rompe sólo en la zona por donde pasa la reja, sin conseguir el efecto de esponjamiento que se pretendía. El subsolado se suele realizar cuando se cultiva por primera vez el invernadero y después cada 3 a 5 años y como mínimo dos meses antes de la plantación. En nuestros ensayos, por las especiales características de los lixímetros, no se ha hecho subsolación profunda, se daban todos los años varios pases de motocultor a 20-25 cm para mullir la tierra.

Aportación de la materia orgánica

El estiércol se suele añadir después de la desinfección de suelo (salvo en el caso de la biofumigación). Antes de la desinfección hay que desmenuzar el terreno bien. Tras la labor de subsolado se suele dar una labor con un arado de vertedera para romper las capas superficiales del suelo (25 a 40 cm). Posteriormente se incorpora la materia orgánica que suele ser, en caso de los primeros cultivos en invernadero, estiércol no muy fermentado, con gran volumen de materia orgánica, evitando en lo posible estiércoles poco “hechos” o poco “curados”. Lo que se pretende es conseguir un nivel adecuado de fertilidad en el suelo con un contenido en materia orgánica que no sea inferior al 3%. Con este nivel se favorece el mantenimiento de la textura y estructura, sin despreciar el aporte de elementos fertilizantes que el estiércol añadido supone. La cantidad aportada de estiércol suele variar entre 2 a 4 kg/m² y la incorporación se hace con un pase cruzado de fresadora con suficiente antelación, 30 a 40 días antes de la plantación.

La importancia de la aplicación de materia orgánica se ha podido comprobar en un estudio realizado en el I.M.I.D.A. en condiciones similares de suelos y cultivo de las empleadas en esta tesis, en el que se aplicaron al suelo de un invernadero con estructura lisimétrica distintas cantidades de materia orgánica, evaluando la respuesta productiva y el balance de agua en un cultivo de pimiento, comprobando como la producción se incrementó en los suelos con aplicación de materia orgánica de los 12,1 kg a los 14,1 kg/m² y como la materia orgánica aportada al suelo influyó en las características hidrofísicas del



mismo, variando la distribución de la humedad en el perfil del suelo, constatándose así como la materia orgánica mejora la estructura del suelo así como la permeabilidad hídrica (Rincón *et al.*, 2005).

Labores superficiales

Una vez transcurrido el plazo de espera recomendado para el producto que se haya utilizado en la desinfección, se vuelve a labrar el suelo para proceder a su ventilación y se incorporan los abonos minerales de fondo. Seguidamente se dan labores superficiales con fresadora o cultivador para incorporar bien el abono, dejando el suelo en las mejores condiciones de estructura y sin terrones.

Acolchado en invernadero

El acolchado se suele hacer después de plantar, cuando se han separado los goteros de la planta. Los objetivos fundamentales del acolchado, utilizando una lámina negra o gris-humo, son los de impedir la aparición de las malas hierbas por la opacidad que presentan estas láminas al paso de la luz, y para controlar, en cierta medida, la evaporación del agua del suelo. Otras ventajas adicionales del acolchado son: evitar la formación de costra en el suelo, mantener su estructura y conseguir una recuperación de las plantas más rápida después del trasplante.

En el invernadero objeto de nuestros ensayos no se ha empleado acolchado por la escasa presencia de malas hierbas.

Labores preparatorias para la desinfección

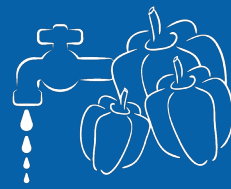
- En las labores preparatorias para la desinfección del suelo se deben seguir unas normas generales:
- Se debe dejar el suelo sin restos vegetales de la cosecha anterior.
 - El terreno debe estar perfectamente desmenuzado para que el gas (bromuro de metilo, dicloropropeno, cloropicrina) penetre eficazmente.
 - Se debe mantener un buen grado de humedad durante los 8-14 días (en función de la temperatura) anteriores a la aplicación. Con esta acción se pretende conseguir la descomposición de los restos vegetales para favorecer la liberación de los nematodos y estimular la germinación de las semillas de malas hierbas, para que se encuentren en un estado óptimo de sensibilidad frente a los fumigantes.
 - No se deben efectuar fuertes estercoladuras poco antes del tratamiento, ya que la desinfección disminuye su eficacia, al destruir los microorganismos que terminarán la descomposición de la materia orgánica.

En el invernadero objeto de los ensayos de esta tesis se realizó desinfección por bromuro de metilo durante los años 1999 y 2001. En los años 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007 se realizó biofumigación y solarización.

TRASPLANTE

Suele hacerse entre los 45-55 días después de la siembra, según época, cuando la planta tiene de 6 a 10 hojas verdaderas y unos 15-18 cm de altura. Debe estar sana y “endurecida” para poder soportar el tremendo estrés que sufrirá al ser trasplantada. Después de la plantación se dará un riego ligero para sellar el contacto del cepellón con la tierra, dejando a continuación un período de sequía de aproximadamente un mes, para forzar el crecimiento de las raíces.

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá de la variedad comercial cultivada. El cultivo del pimiento en invernadero suele tener como marco de plantación más usual de 0,4 m entre plantas dentro de una misma línea y 1 m entre éstas; resultando



Introducción: El cultivo de pimiento de invernadero

una densidad de 25 000 plantas/ha. En alguna ocasión lo que se hace es plantar en líneas pareadas, distantes entre sí 0,80 m y dejar pasillos de 1,2 m entre cada par de líneas. Con ello se favorece la realización de las labores culturales y se evita causar daños al cultivo. Las densidades de plantación pueden incrementarse aún más, hasta llegar a las 25 000-30 000 plantas/ha, dependiendo del tipo de poda que se realice (poda holandesa a 2 ó 3 tallos).

Entre los sistemas tradicionales de plantación de pimiento, los más utilizados son: en caballón, en surcos y en llano y cuando el cultivo se realiza en enarenado, únicamente en llano. En todos los casos la plantación se realiza con plantas en cepellón, endurecidas y con seis o siete hojas verdaderas, a mano y en una sola fila de plantas, lo que permite una ventilación más eficaz y facilita las labores de cultivo, los tratamientos y la recolección.

El sistema de plantación más generalizado en la actualidad es el de plantación en llano, que ha sido el sistema empleado en nuestros ensayos. Este sistema está especialmente pensado para la utilización de riego localizado, presentando las ventajas de no tener que cortar el terreno, ni aporcar las plantas. Debido a las múltiples ventajas que presenta, es el único que se utiliza en la práctica y es además el que se emplea en la Región de Murcia.

Para la plantación, las líneas de plantas se sitúan a 1 m, siendo la distancia entre plantas de 33 a 40 cm, con una densidad de 2,5 a 3 plantas por metro cuadrado. Las mayores densidades se utilizan cuando se realizan podas.

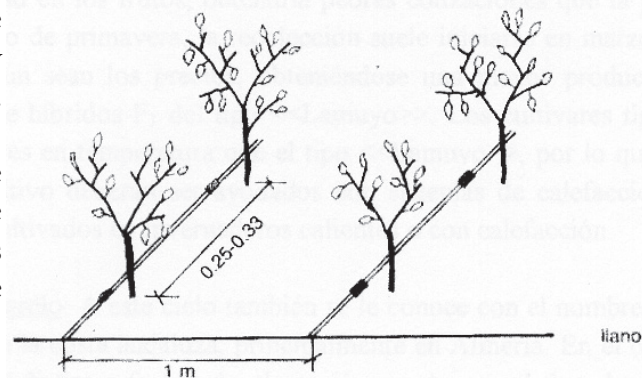


Figura 6. Detalle del marco de plantación utilizado en los ensayos de la tesis.

ESCARDAS, REPOSICIÓN DE MARRAS Y APORCADO

Resulta de gran importancia llevar el cultivo libre de malas hierbas, sobre todo en sus primeras fases, para lo cual pueden efectuarse los oportunos pases a mano (método empleado en los ensayos de la tesis) o bien emplear la escarda química, usando como herbicidas del pimiento en preplantación Linurón, Penoxalina, Trifluralina o Pendimetalina.

La reposición de marras en cualquier caso debe hacerse con plantas con cepellón, debiendo asegurar la humedad a nivel radicular. Solo ha sido necesario reponer marras en los ensayos en una de las anualidades.

El aporcado consiste en cubrir con tierra la parte del tronco de la planta para reforzar su base y favorecer el desarrollo radicular. Se hace en las primeras semanas después de la plantación.

RIEGOS

Son escasos los cultivos de pimiento realizados en los invernaderos de la Región de Murcia que se riegan de forma tradicional por surcos, plantando en caballones, ya que no superan el 2% de la superficie total (Lacasa

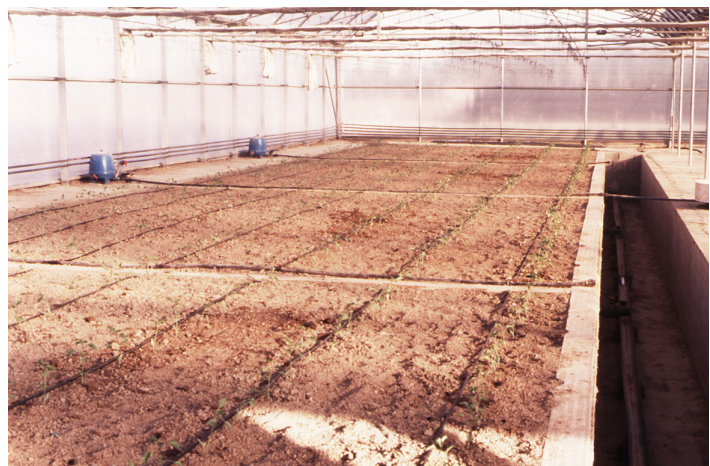
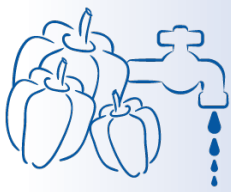


Foto 3: Sistemas de riego localizado de alta frecuencia, con goteros de caudal 4 l/h por metro lineal. Mangueras dispuestas a 1 m de separación y los goteros a 0,30-0,40 m de distancia entre ellos.



y Guirao, 1997). La mayor parte de los invernaderos disponen de sistemas de riego localizado de alta frecuencia, con goteros de caudales que varían entre 2 y 4 l/h. Las mangueras se suelen disponer a 1 m de separación y los goteros a 0,30-0,40 m de distancia entre ellos. En algunos invernaderos se utilizan mangueras de rezume con caudales de unos 4 l/h • m. La deficiente calidad de las aguas de riego compromete seriamente la eficiencia de estos dispositivos.

Los aportes de agua al cultivo suelen realizarse de acuerdo a las necesidades del cultivo, dependientes del estado fenológico, de las características del suelo (principalmente del drenaje) y de las condiciones ambientales. Al realizar la plantación se suele dar un riego copioso de varias horas procurando humedecer una zona amplia alrededor de la planta. Para mejorar la eficiencia del humedecimiento, la manguera se suele poner en el fondo de un pequeño surco; disponiendo las plantas a la altura de cada emisor, en el borde del surco.

Pasados unos días del trasplante se da un nuevo riego, llamado de enjuague, también copioso, pero no tanto como el riego de postura. Tras un período de cerca de un mes sin riego, para forzar a la planta a difundir las raíces, se realizan los nuevos riegos, después de haber labrado la zona próxima a las plantas y de haber realizado un nuevo surco, separado unos 10 cm de la línea de las plantas, donde se ponen las mangueras. Tras el cuajado de los primeros frutos se inicia la regularización de los riegos a intervalos cada vez más cortos. Estos periodos y las cantidades son determinadas en base al estado de humectación del suelo, medido con tensiómetros puestos en la rizosfera de las plantas, con la medida de la evaporación de la cubeta clase A, etc.

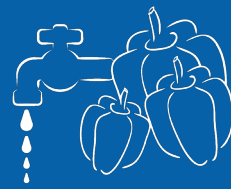
En cultivo en suelo y en enarenado el establecimiento del momento y volumen de riego vendrá dado básicamente por los siguientes parámetros (Agroinformación, 2012):

- Tensión del agua en el suelo (tensión mátrica), que se determinará mediante la instalación de una batería de tensiómetros a distintas profundidades.
- Tipo de suelo (capacidad de campo, porcentaje de saturación).
- Evapotranspiración del cultivo.
- Eficacia de riego (uniformidad de caudal de los goteros).
- Calidad del agua de riego (a peor calidad, mayores son los volúmenes de agua, ya que es necesario desplazar el frente de sales del bulbo de humedad).

Respecto a las baterías de tensiómetros, hay que tener en cuenta que alrededor del 75% del sistema radicular del pimiento se encuentra en los primeros 30-40 cm del suelo, por lo que será conveniente colocar un primer tensiómetro a una profundidad de unos 15-20 cm, que deberá mantener lecturas entre 11 y 14 cb, un segundo tensiómetro a unos 30-50 cm, que permitirá controlar el movimiento del agua en el entorno del sistema radicular y un tercer tensiómetro ligeramente más profundo para obtener información sobre las pérdidas de agua por drenaje. Valores inferiores a 20-25 cb en este último tensiómetro indicarán importantes pérdidas de agua por lixiviación.

NUTRICIÓN MINERAL O FERTILIZACIÓN

Antes de iniciar el cultivo se suele aportar materia orgánica al suelo, para conseguir un nivel no inferior del 3% de materia orgánica en éste. Con esto conseguimos favorecer el mantenimiento de la textura y estructura del suelo, sin despreciar el aporte de nutrientes que supone ésta práctica. El estiércol ideal para el cultivo del pimiento y el mantenimiento de la fertilidad del suelo, es aquel que ya está fermentado del año anterior. La cantidad aportada suele variar entre 2 y 5 kg/m² y la incorporación se realiza con un pase cruzado de rotovator con suficiente antelación, 40 a 60 días antes de la plantación (Nuez *et al.*, 1996).



Introducción: El cultivo de pimiento de invernadero

Cuando se ha efectuado una correcta fertilización de fondo, no se suele forzar el abonado hasta que los primeros frutos no tengan el tamaño de una castaña, para evitar un crecimiento vegetativo excesivo que tire las flores y frutos recién cuajados. Un programa eficaz de fertirrigación debería basarse en el conocimiento de las curvas de absorción mineral del cultivo, es decir, de la absorción de los nutrientes en función del tiempo. Con la fertirrigación se trata de ajustar las aportaciones de nutrientes al ritmo de extracción del cultivo y se realiza la fertilización conjuntamente con el riego. En cualquier caso, la observación del cultivo, junto a los análisis periódicos de tejidos vegetales y de extractos de solución de suelo, serán los que vayan marcando las correcciones a realizar en la solución nutritiva.

El pimiento presenta exigencias de nitrógeno mayores durante las primeras fases del cultivo, para decrecer tras la recolección de los primeros frutos verdes, a partir de entonces hay que controlar muy bien su dosificación, un exceso provocaría retraso en la maduración de los frutos. La máxima demanda de fósforo coincide con la aparición de las primeras flores y con el período de maduración de las semillas. La absorción de potasio aumenta progresivamente hasta la floración, manteniéndose después equilibrada, y es determinante en la precocidad, coloración y calidad de los frutos. El pimiento es muy exigente en cuanto a la nutrición de magnesio, la absorción de este elemento aumenta durante la maduración.

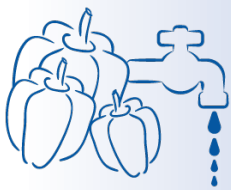
A la hora de abonar, existe un margen muy amplio de abonado en el que no se aprecian diferencias sustanciales en el cultivo, pudiendo encontrar “recetas” muy variadas y contradictorias dentro de una misma zona, con el mismo tipo de suelo y la misma variedad. No obstante, para no cometer grandes errores, no se deben sobrepasar dosis de abono total superiores a 2 g/l, siendo común aportar 1 g/l para aguas de conductividad próxima a 1 mS/cm. Actualmente se emplean básicamente dos métodos para establecer las necesidades de abonado: en función de las extracciones del cultivo, sobre las que existe una amplia y variada bibliografía, y en base a una solución nutritiva “ideal” a la que se ajustarán los aportes previo análisis de agua. Este último método es el que se emplea en cultivos hidropónicos, y para poder llevarlo a cabo en suelo o en enarenado, requiere la colocación de sondas de succión para poder determinar la composición de la solución del suelo mediante análisis de macro y micronutrientes, CE y pH (Agroinformación, 2012).

Para cultivos realizados de acuerdo a la normativa de Producción Integrada se establecen límites máximos de aportaciones de los nutrientes principales, incluida la materia orgánica, con arreglo a las extracciones medias de la zona, para una producción estimada de 10 kg/m². Tales niveles se cifran en: N, 5 UF/t; P₂O₅, 5,5 UF/t; K₂O, 5,5 UF/t; Ca, 1,5 UF/t y Mg, 0,75 UF/t.

PODAS Y ENTUTORADO

La operación de poda es más o menos necesaria, intensa y frecuente, según tipos y variedades de pimiento. En los casos necesarios, consiste en un primer lugar en hacer una limpieza de las hojas y brotes que salen por debajo de la “cruz”, para posteriormente y a lo largo del cultivo, efectuar dos o tres “aclareos” de tallos interiores para favorecer el paso de la luz y la ventilación de la planta.

En podas más intensas lo que se pretende es que a partir de la poda de formación, el número de tallos seleccionados (normalmente 2-3 tallos por planta) continúen su crecimiento eliminándoles los brotes restantes. En cualquier caso la poda debe ser paulatina y nunca demasiado severa, sobre todo en épocas de fuerte insolación, al objeto de evitar parones vegetativos y quemaduras en los frutos que quedan expuestos directamente a la luz solar.



El entutorado se realiza antes de que la planta comience a volcarse y consiste en el mantenimiento de su verticalidad a lo largo del ciclo de cultivo, mediante la colocación de hilos (generalmente de rafia). Con el entutorado se facilita también la ventilación de la planta, los tratamientos fitosanitarios y la recolección de los frutos. Existen dos modalidades de entutorado, el holandés y el tradicional, que es el utilizado en la Región.

Entutorado tradicional: Consiste en tirar a todo lo largo de la línea de pimientos dos cuerdas, una por un lado y la otra por el otro y se atan en sus extremos a un palo o hierro vertical fijado al suelo. Estos hilos se apoyan en otros verticales que a su vez están atados al emparrillado a una distancia de 1,5 a 2 m y que son los que mantienen realmente a la planta en posición vertical. Esta operación se hace repetidas ocasiones y según el crecimiento de la planta de pimiento se hará más o menos veces. Una mejora de este sistema consiste en clavar en el suelo, cada dos o tres metros, unos arquiños metálicos en forma de U invertida, que sirven de soporte a los hilos y a las plantas. Con estos arquiños metálicos, aparte de su gran duración, se consigue un ahorro de mano de obra y un aumento en la solidez del entutorado. Este sistema es el que se ha empleado en el invernadero objeto de la tesis.

Una vez que la planta ha crecido se le van colocando unas pinzas de plástico que unen a los hilos colocados a la misma altura sujetando así a la planta, para que ésta no se pueda torcer. Además estas pinzas plásticas están atadas a la estructura del invernadero situada a 210 cm con hilos, con el fin de evitar que se desplace la pinza hacia el suelo por el peso.

CUAJADO Y ACLAREO DE FRUTOS

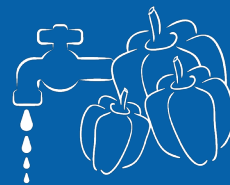
En ocasiones y sobre todo cuando las condiciones son adversas (al principio del cuajado, en verano), es aconsejable para favorecer el mismo, entre otras operaciones, el apoyo mediante ventilación mecánica en las horas centrales del día (ya que el polen vuela con mayor facilidad). El tamaño de los frutos se fuerza, en ocasiones, mediante el empleo de Etefón. Ninguna de estas prácticas se ha empleado en el invernadero objeto de los ensayos.

En lo que se refiere al aclareo de frutos, en la mayoría de los casos es recomendable eliminar el fruto que se forma en la primera cruz de cada planta; de esta manera se logra que ésta produzca frutos de mayor calibre, más uniformes, con mayor precocidad y rendimiento. El exceso de cuaje es un problema que se produce en plantas “endurecidas” (escaso vigor, frío, salinidad, etc.) produce frutos muy pequeños y de mala calidad, en estos casos se recurre al aclareo de frutos. De igual modo cuando bajo determinadas condiciones climatológicas adversas se producen cuajados defectuosos (frutos deformes, sin semillas, etc.), también es aconsejable el aclareo. No se ha practicado el aclareo en los ensayos.

RECOLECCIÓN Y MANIPULACIÓN

El momento y periodicidad de esta operación va a depender por un lado de los precios y necesidades del mercado, y por otro de las temperaturas. De este modo recolectaremos antes de su maduración fisiológica, en lo que se denomina maduración comercial, en verde según interese o no; variando la frecuencia de la recolección (bien en verde o en color) según temperaturas.

La recolección debe ser cuidadosa, realizada a tijera, cortando por encima del fruto para dejar un poco de pedúnculo, aunque en la actualidad existe una tendencia a la recolección del fruto con la totalidad del pedúnculo. Asimismo, el fruto debe ser tratado con cuidado en los envases de campo para evitar magulladuras y heridas.



Introducción: El cultivo de pimiento de invernadero

El fruto una vez recolectado, es aconsejable someterlo a una prerrefrigeración logrando así, en el menor tiempo posible (hora y media), bajar los 25 °C de temperatura del fruto a menos de 12 °C, procediendo entonces a su manipulación.

La selección o tría debe ser rigurosa, normalmente con cintas sencillas y calibrado a mano, tanto para envasar a granel en cajas como para hacerlo ordenadamente en bolsas, mallas o bandejas de poliestireno expandido, posteriormente filmadas con plástico permeable a los gases.

Son diversas la clasificaciones y envasado que se realizan, dependiendo de los diferentes tipos de pimiento que actualmente se comercializan (California, Lamuyo, Guindas, Padrón, Italiano, etc.). Los parámetros de clasificación por calibre del pimiento California, cuya presencia en el mercado exterior es mayoritaria con respecto a los restantes tipos, son los siguientes:

CLAVE	CALIBRADO OFICIAL (mm)	CALIBRADO SALIDA MAQUINA (mm)
P	40/50	40/60
MM	40/70	50/70
M	70/90	60/80
G	90/110	80/110
GG	>110	100/120

Tabla 7. Calibrado del pimiento para su comercialización

Conservación frigorífica

Una vez confeccionados, los pimientos se deben llevar a conservación frigorífica en cámara, hasta su expedición. La temperatura de refrigeración estará comprendida entre los 8 y 12 °C, no debiendo bajar de los 8 °C citados, a fin de evitar la aparición de estrés por frío (moteado). Los frutos maduros, ya virados, pueden ser conservados a esta temperatura durante más de una semana. La humedad relativa debe ser elevada, del orden del 90-95%.

Transporte

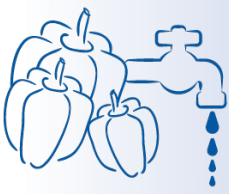
Durante el transporte deben evitarse los cambios bruscos de temperatura, pues provocan condensación de humedad en los frutos y pueden aparecer alteraciones. Es necesario, además, evitar la acumulación de etileno, ya que favorece la sobremaduración y envejecimiento. Es por ello que no deben permanecer en cámaras, ni durante el transporte, mezclados con frutos productores de este gas. En viajes largos es conveniente ventilar de vez en cuando, si el remolque es frigorífico, pero la temperatura siempre debe estar comprendida entre los 8 y 10 °C.

3.1.4.-Necesidades hídricas del cultivo bajo invernadero

Se describen en este apartado las técnicas y aparatos utilizados para la programación del riego de los ensayos de esta tesis, por la importancia que el control del riego presenta en la lixiviación de nitratos.

FACTORES CLIMÁTICOS QUE INFLUYEN EN EL CONSUMO DE AGUA BAJO INVERNADERO

El cultivo utiliza la radiación solar, el CO₂ de la atmósfera, agua y nutrientes para producir biomasa (frutos, hojas, tallos y raíces) mediante el proceso de la fotosíntesis. Cuando los estomas de



las hojas están abiertos, para permitir la entrada de CO_2 se produce la emisión de agua en forma de vapor desde la planta a la atmósfera mediante el proceso de la transpiración. Esta pérdida de agua es un coste que debe pagar el cultivo para producir, y debe ser repuesta por la planta mediante la extracción de agua del suelo por las raíces. Esta cantidad de agua, unida a la que se pierde por evaporación desde la superficie del suelo, constituye lo que se conoce como evapotranspiración del cultivo (ETc), y debe ser satisfecha mediante riego.

Con el riego se debe aplicar la cantidad justa para cubrir el consumo de agua del cultivo ó ETc. Un exceso de agua de riego supone el lavado de fertilizantes, lo que puede acarrear problemas medioambientales por la contaminación de las aguas subterráneas, además, en suelos pesados es corriente la aparición de problemas de encharcamiento y asfixia radicular. Por el contrario, una aportación de agua inferior a la ETc puede llegar a provocar déficit hídrico y por tanto una reducción de la producción (Fernández, 2000). El riego, por lo tanto, va estrechamente ligado al abonado nitrogenado como factor que influye en la lixiviación de nitratos y por eso se le debe dedicar un apartado en el desarrollo de la tesis.

La evapotranspiración del cultivo ó ETc es un fenómeno que tiene como base el paso de agua del estado líquido a gaseoso, por lo que se requiere una fuente de energía que es proporcionada por la radiación. Además, es necesario que haya una diferencia de presión de vapor (déficit de presión de vapor, DPV) entre la superficie evaporante y el aire que la rodea. El viento actúa mezclando las capas con mayor contenido de agua con otras de menor contenido, evitando de esta forma que las capas próximas a la superficie evaporante se saturen, y por tanto se detenga el proceso de la ETc. Bajo invernadero, el viento no tiene un efecto directo sobre el consumo de agua, pero sí en la ventilación del invernadero. Sin embargo, en la mayoría de los invernaderos del levante español la superficie de ventana es baja, así como las tasas de ventilación, por tanto, el efecto del viento sobre el consumo de agua de los cultivos puede considerarse casi despreciable (Ferrerres *et al.*; 2001).

La temperatura no afecta directamente a la ETc, pero sí es un indicador de la cantidad de radiación, de tal modo que en los meses en los cuales la radiación es mayor la temperatura también es más alta. La temperatura y humedad influyen en el DPV. Humedades altas, próximas a saturación, pueden disminuir la ETc e inhibir la absorción de nutrientes, particularmente el calcio, así como acarrear problemas de enfermedades.

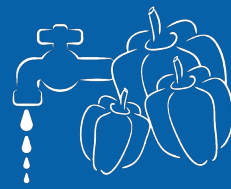
MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

La programación del riego es un conjunto de procedimientos técnicos desarrollados para predecir cuánto y cuándo regar. Los métodos de programación del riego se basan en:

- Medida del contenido de agua en el suelo (empleado en los ensayos de esta tesis).
- Medida del estado hídrico de la planta.
- Medida de parámetros climáticos (empleado en los ensayos de esta tesis).

MÉTODOS BASADOS EN LA MEDIDA DEL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO

El agua de riego se almacena en el suelo, que actúa como un depósito, para luego ser usada por las plantas. El agua almacenada en el suelo y que puede ser utilizada por el cultivo (agua total disponible), es la diferencia entre la cantidad de agua almacenada a capacidad de campo (CC; contenido de agua a una tensión de humedad del suelo de 1/3 atm) y punto de marchitez permanente (PMP; contenido de agua a una tensión de humedad en el suelo de 15 atm) (Allen *et al.*, 1998). La capacidad de campo es el contenido de agua de un suelo cuando ha sido mojado abundantemente por riego y después se ha dejado drenar libremente hasta que este drenaje sea despreciable, y el



Introducción: El cultivo de pimiento de invernadero

punto de marchitez permanente es el contenido de agua que hay en un suelo cuando la planta se marchita de forma permanente.

Si se parte de un suelo con un contenido de humedad próximo a su CC el cultivo va extrayendo agua sin que se reduzca la ETc, sin embargo, el valor de la ETc empieza a disminuir antes de alcanzar el PMP. La reducción de la ETc por debajo de su valor máximo se suele traducir en una reducción de la producción. La fracción del agua total disponible que un cultivo puede extraer del suelo sin que sufra estrés es el agua realmente disponible (Allen *et al.*, 1998).

Los sensores que miden el contenido de agua en el suelo permiten conocer cómo el cultivo va extrayendo el agua del suelo, de forma que el riego puede programarse para mantener un contenido de agua en el suelo entre dos niveles de humedad. El límite superior es fijado para evitar drenajes, y por tanto lavado de fertilizantes, y el límite inferior representaría el punto a partir del cual el cultivo sufre estrés hídrico. Los sensores más utilizados para la medida del contenido de agua en el suelo son:

TENSIÓMETROS

Un tensiómetro se compone de una cápsula de cerámica porosa llena de agua, que se entierra en el suelo a la profundidad de medición deseada, y que está conectada a un manómetro o indicador de vacío (vacuómetro) por un tubo lleno de agua. El suelo ejerce una tensión (tensión matricial) sobre el agua de la columna, que hace que la altura del agua en ella descienda, pasando al suelo y provocando por tanto una presión negativa. El tensiómetro mide directamente energía (indicada en el vacuómetro en centíbares, cb) es decir, el esfuerzo que las raíces deben realizar para extraer la humedad del suelo. Lecturas inferiores a 10 cb son indicativas de un suelo saturado, mientras que lecturas altas indican que el agua almacenada en el suelo ha disminuido y puede producirse estrés hídrico.



Foto 4. Aspecto de tensiómetros a tres profundidades colocados en uno de los cultivos.

WATERMARK

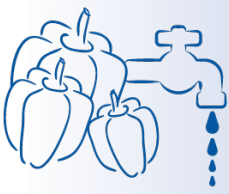
Consiste en dos electrodos envueltos en una matriz de yeso. La matriz a su vez está rodeada por una membrana sintética para evitar que se deteriore, y de esta forma queda protegida contra la salinidad. Para obtener una buena medida, los sensores deben emplazarse en el bulbo húmedo y en la zona de las raíces.

TDR (Time Domain Reflectometry)

La técnica de reflectometría en el tiempo es un método que mide la constante dieléctrica del suelo por medio del tiempo de recorrido de un pulso electromagnético que se introduce en el suelo a través de dos varillas de acero inoxidable. El tiempo de recorrido es proporcional a la constante dieléctrica del suelo y únicamente varía con el contenido de agua del mismo.



Foto 5. Aspecto de la estación datalogger de recogida de datos colocada en el interior del invernadero en uno de los cultivos y conectada con el TDR colocado en el suelo.



ENVIROSCAN

El EnviroScan utiliza la capacitancia para medir la humedad del suelo. Alrededor de cada sensor se crea un campo eléctrico de alta frecuencia, y la frecuencia medida es función del contenido de agua del suelo. Un equipo está compuesto por varias sondas conectadas por cable a un datalogger donde se almacenan las lecturas. Cada sonda está compuesta de varios sensores colocados a distintas profundidades dentro de un tubo de PVC.

MÉTODOS BASADOS EN LA MEDIDA DEL ESTADO HÍDRICO DEL CULTIVO

Estos métodos incluyen técnicas que miden directamente las pérdidas de agua de una parte de la planta, de la planta entera o de un grupo de plantas, o miden características relevantes de las plantas que facilitan la estimación de la transpiración. Los avances en electrónica han hecho que el uso de sensores que monitorizan en continuo el estado hídrico de la planta facilite la toma de decisiones en la programación del riego.

El estado hídrico del cultivo puede determinarse mediante la utilización de sensores como:

- Sensores de medida del diámetro de los órganos de la planta. Son sensores que miden microvariaciones del diámetro de tallos y frutos. La evolución del diámetro de un órgano presenta dos componentes, una asociada con el crecimiento del órgano y otra con la pérdida de agua. El diámetro de los órganos vegetales presenta una evolución típica a lo largo del día, con un valor máximo, que se alcanza al final de la noche (período en el que la hidratación de los órganos es máxima) y un valor mínimo, que se alcanza hacia mediodía. La diferencia entre ambos valores representa la pérdida máxima de agua que experimenta la planta a través de la transpiración. Una contracción diurna anormal indica la presencia de estrés hídrico en la planta, y esto puede usarse para fijar el límite inferior del contenido de humedad en el suelo permitido (Fereres *et al.*, 2001).
- Sensores de flujo de savia. La base de estos sensores es aplicar una fuente de calor constante en la corriente de savia bruta o en su proximidad. La temperatura en las proximidades de esta fuente se ve perturbada más o menos, según la importancia del flujo de savia, y la pérdida de calor es directamente proporcional a este flujo. El flujo de savia es una medida directa de la transpiración y presenta una evolución típica a lo largo del día, alcanzando el valor máximo al mediodía, cuando la radiación es máxima, y un mínimo durante la noche. Una evolución anormal durante el día, por ejemplo una caída en el flujo de savia cuando los valores de radiación son máximos, indica una situación de estrés hídrico.

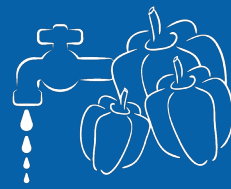
En el desarrollo de esta tesis, en uno de los ensayos, se ha utilizado la cámara de presión para medir el estrés hídrico de las plantas de pimiento.

MÉTODOS BASADOS EN PARÁMETROS CLIMÁTICOS

Estos métodos se basan en la utilización de parámetros climáticos, que a partir de expresiones matemáticas permiten estimar el volumen de agua consumido por el cultivo. La información que proporcionan los sensores climáticos no puede utilizarse directamente en la gestión del riego y exige que previamente se establezcan relaciones entre el consumo de agua del cultivo, los parámetros climáticos y el estado de desarrollo del cultivo.

El método más utilizado para estimar el consumo de agua de los cultivos o ET_c es el recomendado por la FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977), en el que la ET_c se calcula como el producto de dos términos:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$



Introducción: El cultivo de pimiento de invernadero

K_c es el coeficiente de cultivo y representa la disponibilidad del cultivo y suelo para atender la demanda evaporativa de la atmósfera, y depende del cultivo en cuestión, su estado de desarrollo y disponibilidad de agua en el suelo. Los valores de K_c deben determinarse experimentalmente. E_{To} es la evapotranspiración de referencia y cuantifica la demanda evaporativa de la atmósfera, y representa la evapotranspiración de una pradera de gramíneas con una altura entre 8 a 10 cm que crece sin limitaciones de agua y nutrientes en el suelo y sin incidencia de plagas y/o enfermedades. La estimación de la E_{To} en una determinada zona se realiza a partir de datos climáticos empleando fórmulas empíricas.

En cultivos en suelo, dónde la frecuencia de riego es diaria y el suelo mantiene una reserva de agua, las estimaciones de la E_{Tc} que proporciona la ecuación anterior son bastante precisas. Sin embargo, en cultivos sin suelo con frecuencias de riego horarias o inferiores se requieren estimaciones de la transpiración mucho más precisas (Feres *et al.*, 2001).

La gestión óptima del riego sería aquella en la que se pudiese medir con precisión el consumo de agua del cultivo. Sin embargo, a pesar de los avances en electrónica, tanto los sensores de medida del contenido de agua en el suelo, como los de medida del estado hídrico del cultivo presentan un alto coste y requieren de personal especializado para su mantenimiento. Por ello, su difusión a los agricultores puede verse limitada teniendo en cuenta que el agua de riego tiene un bajo coste en relación a otros insumos agrícolas (en algunos casos menos del 5% de los costes de cultivo). Sin embargo, los sensores de medida del estado hídrico del cultivo tienen una doble utilidad en la gestión del clima del invernadero (calefacción, aporte de CO_2 , ventilación, etc.), por lo que su implantación en invernaderos con cierto grado de tecnificación ya se está llevando a cabo.

MODELOS PARA DETERMINAR LA E_{To} EN EL CASO DE UN INVERNADERO

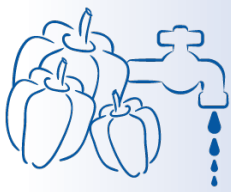
En los últimos años se han desarrollado numerosas expresiones matemáticas o modelos para estimar la E_{To} a partir de datos climáticos. Suele diferenciarse entre modelos de temperatura, radiación, combinadas, etc., en función de los datos climáticos necesarios. La elección de uno u otro modelo depende de la disponibilidad de datos climáticos y de la precisión de estos modelos en la zona donde se pretenda utilizarlos. Las expresiones combinadas son las más precisas pero requieren datos de temperatura, humedad relativa, radiación y velocidad del viento, los cuales no están disponibles en muchas zonas.

EL MODELO DEL TANQUE EVAPORIMÉTRICO CLASE A

El modelo FAO del tanque evaporimétrico es la expresión más precisa para estimar la E_{To} a corto plazo (períodos semanales), bajo condiciones de invernadero, aún sin calibración. Sin embargo, su aplicación presenta dos inconvenientes: por un lado se requieren datos de humedad relativa, velocidad del viento y fetch (distancia a barlovento de la cubierta verde) en el interior del invernadero para poder calcular los valores correspondientes de K_p (coeficiente de tanque). Por otro lado, el fetch, que está perfectamente definido para condiciones al aire libre (Doorenbos y Pruitt, 1977), es mucho más difícil de definir para condiciones de invernadero, donde las paredes del mismo suponen un aislamiento del exterior.



Foto 6. Tanque evaporimétrico clase A en el interior del invernadero utilizado en los cultivos de pimiento para programar el riego.



Por ello, se calibró esta expresión para condiciones bajo invernadero en Almería (Fererres *et al.*, 2001). Ase obtuvo la relación entre los valores medidos de ETo, valores medios diarios de períodos semanales, con la media para los mismos períodos de los valores diarios medidos de Eo durante los años 1993 y 1994. El valor de Kp fue constante para toda la estación (Kp=0,79) debido a la escasa variabilidad estacional de la humedad relativa y velocidad del viento en el interior del invernadero. Se obtuvo en estas condiciones como relación entre la evapotranspiración de referencia (ETo) y la evaporación de un tanque de clase A medida en invernadero (Eo) la relación $ETo = Kp \times Eo = 0,79 \times Eo$.

COEFICIENTES DE CULTIVO

El coeficiente de cultivo (Kc) integra los efectos de tres características primarias que diferencian un cultivo de una pradera de gramíneas: altura de cultivo, resistencia y albedo de la superficie suelo-cultivo (Jensen *et al.*, 1990). Es decir, los valores de Kc dependen, sobre todo, del cultivo y su manejo. Los valores de Kc han sido determinados para numerosos cultivos herbáceos al aire libre (Doorenbos y Pruitt, 1977; Wright, 1982). Sin embargo, en cultivos hortícolas bajo invernadero de plástico, el manejo (deshojado, destallado, entutorado, altura del cultivo, densidad de plantación, etc.) es muy distinto al realizado en los mismos cultivos al aire libre. Por tanto, para conocer con precisión las necesidades hídricas de los cultivos hortícolas bajo invernadero del levante español, es necesario conocer los valores de Kc en nuestras condiciones de cultivo (Fererres *et al.*, 2001).

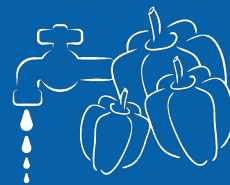
VALORES DE Kc EN INVERNADERO

Los valores de Kc a lo largo del ciclo de cultivo se determinaron como: $Kc = ETc/ETo$

En la finca experimental “Las Palmerillas”, obtuvieron la evolución del Kc de pimiento, que aumentó desde el valor inicial de 0,2 hasta un máximo de 1,4, aproximadamente 90 ddt, debido al rápido crecimiento del cultivo. Con el descenso de la temperatura en los meses de invierno, el Kc descendió a partir de mediados de enero hasta valores próximos a 0,9. Esta caída estuvo asociada a una parada del crecimiento y al envejecimiento fisiológico de las hojas existentes por bajas temperaturas. A partir de marzo, el aumento de las temperaturas dentro de invernadero favoreció un nuevo crecimiento de hojas jóvenes, que provocaron que los valores de Kc se mantuviesen en 0,9 hasta el final del ciclo. Concluían que el patrón de Kc de los cultivos hortícolas bajo invernadero depende de la temperatura, por lo que es necesario relacionar los valores de Kc con el desarrollo y crecimiento del cultivo.

MES	SEMANA	2ª quincena Julio	1ª quincena Agosto	2ª quincena Agosto	1ª quincena Septiembre	2ª quincena Septiembre
JULIO	del 16 al 23	0,76				
	del 24 al 31	0,83				
AGOSTO	del 01 al 07	1,46	0,79			
	del 08 al 15	2,11	0,75			
	del 16 al 23	2,73	1,18	0,70		
SEPTIEMBRE	del 24 al 31	3,21	1,78	0,70		
	del 01 al 07	4,16	2,62	1,34	0,69	
	del 08 al 15	4,32	3,01	1,85	0,64	
	del 16 al 22	3,97	3,27	2,22	0,93	0,57
OCTUBRE	del 23 al 30	3,47	3,31	2,41	1,27	0,50
	del 01 al 07	3,14	3,14	2,60	1,57	0,73
	del 08 al 15	2,66	2,66	2,51	1,64	0,93
NOVIEMBRE	del 16 al 23	2,41	2,41	2,41	1,78	1,13
	del 24 al 31	2,09	2,09	2,09	1,79	1,23
	del 01 al 07	1,79	1,79	1,79	1,70	1,22
	del 08 al 15	1,61	1,61	1,61	1,61	1,23
DICIEMBRE	del 16 al 22	1,48	1,48	1,48	1,48	1,26
	del 23 al 30	1,23	1,23	1,23	1,23	1,12
	del 01 al 07	1,02	1,02	1,02	1,02	0,99
	del 08 al 15	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
ENERO	del 16 al 23	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	del 24 al 31	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	del 01 al 07	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
	del 08 al 15	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
FEBRERO	del 16 al 23	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	del 24 al 31	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	del 01 al 07	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
	del 08 al 14	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
MARZO	del 14 al 21	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24
	del 22 al 28	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	del 01 al 07	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
	del 08 al 15	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
ABRIL	del 16 al 23	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74
	del 24 al 31	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86
	del 01 al 07	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18
	del 08 al 15	2,33	2,33	2,33	2,33	2,33
	del 16 al 22	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56
	del 23 al 30	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71

Tabla 8. Consumo medio en l/m² • día para el cultivo de pimiento bajo invernadero según las fechas de trasplante en Almería (Fererres *et al.*; 2001)



En la tabla se reflejan los valores obtenidos de consumo medio en l/m²/día para el cultivo de pimiento bajo invernadero según las fechas de trasplante en Almería. Tablas como esta, si bien no se pueden generalizar para otras condiciones climáticas o de cultivo distintas, si son prácticas para dar una orientación al agricultor de la dosis de riego a aplicar.

3.2.- EL CULTIVO DEL PIMIENTO EN LA REGIÓN DE MURCIA

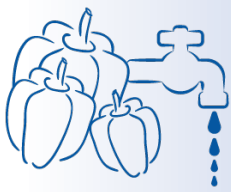
3.2.1.- Situación del cultivo de pimiento de invernadero en la Región de Murcia

El cultivo del pimiento (*Capsicum annum* L., fam. Solanaceae) tiene gran importancia en la Región de Murcia desde principios del siglo XX, empezando a ser cultivado en la Vega del Segura, al obtenerse elevados rendimientos y apreciable calidad. En los años setenta, problemas fitopatológicos ligados a la diseminación de *Phytophthora capsici* en el agua de riego comprometieron la continuidad del cultivo, por lo que se trasladó a las comarcas del Campo de Cartagena y del Valle del Guadalentín, dónde se regaba con agua de pozo. En estas zonas se adaptó rápidamente el cultivo, aunque también hubo una diseminación a otras áreas, en las que no se desarrolló por tratarse de terrenos marginales, regados con aguas más salinas.

El elevado rendimiento de este cultivo dentro de las orientaciones productivas presentes en la agricultura murciana está determinado por la incorporación de tecnologías avanzadas: cultivo bajo invernadero, acolchado, riego localizado, etc. Por ello es uno de los paradigmas de la moderna agricultura tecnificada y artificial. Sin embargo, la tendencia actual plantea la sustitución de tecnologías químicas por técnicas físicas o biológicas menos agresivas para el medioambiente. Teniendo en cuenta que el uso de fitosanitarios hoy por hoy es necesario en la agricultura intensiva y las exigencias de los mercados europeos en cuanto a los niveles de residuos y el uso de buenas prácticas agrícolas, es evidente la repercusión económica y social que tienen los estudios que planteamos en esta tesis sobre este cultivo y su ámbito de producción.

Es el segundo cultivo en importancia en cuanto a superficie ocupada en la Región como cultivo protegido. Al igual que en el tomate se presentan dos tipos de problemas, en primer lugar, en lo referente a problemas sanitarios como la infestación de los suelos y segundo el agotamiento de los mismos. Para solucionar estos problemas se están utilizando patrones adecuados que permiten obtener producciones normales, tanto referidas al rendimiento como a la calidad. Otra forma de solucionar el problema es la utilización de la hidroponía, aunque los resultados no son tan satisfactorios como en tomate, dado que este presenta una mayor dificultad. Además su aplicación exige de infraestructuras muy tecnificadas, no solo en el aspecto ambiental sino en el de la fertirrigación. En la actualidad (datos del año 2014) existen unas 50 ha en cultivo hidropónico, de las que el 70% utilizan fibra de coco y el 30% restante utilizan perlita. Existen otras alternativas en la utilización de sustratos como son la lana de roca o la cáscara de arroz mezclada al 50% con fibra de coco.

Las altas inversiones efectuadas en el cultivo de pimiento requieren a su vez la utilización de material vegetal también de calidad como son los tipos 'California'. Este tipo de pimiento exige temperaturas mínimas de 16 °C, por lo que además conllevan en algunos casos la utilización de calefacción para cumplir este requisito.



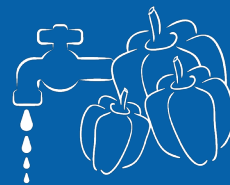
Otro aspecto a tener en cuenta es que debido a la prolongación de los ciclos de cultivo en Almería y con el objeto de defender las producciones murcianas, los agricultores tengan que ampliar las recolecciones a los meses de Agosto e incluso Septiembre para obtener la mayor rentabilidad de sus cultivos. Esto obliga a implantar innovaciones tecnológicas para suavizar las elevadas temperaturas que se alcanzan en los invernaderos, en los que las pantallas térmicas utilizadas como sombreo, combinadas con nebulizaciones de agua esporádicas son insuficientes, siendo las técnicas de refrigeración de los recintos de cultivo una asignatura pendiente.

Con respecto a las estructuras utilizadas hay que decir que están aumentando las nuevas construcciones multimodulares con mayores alturas a la cumbre y de los laterales, aunque se sigan realizando las tradicionales con algunos elementos modernizados, sobre todo en lo referente a ventilación cenital y a mayor altura a la cumbre. Estas estructuras permiten a su vez la utilización de mallas antitrips colocadas en toda las aberturas de la ventilación, incluso la cenital, para evitar la entrada de vectores, que junto con la utilización de materias activas específicas van a proteger los cultivos desde un punto de vista sanitario. Estas mallas dificultan la ventilación del invernadero cuanto más densas sean, encontrando en las de 6 x 6 o 6 x 9 hilos/cm² un término medio que pondera el binomio ventilación/penetración.

La expansión de las nuevas estructuras permite la utilización de materiales de cubierta con mayores prestaciones técnicas, mejores propiedades ópticas y térmicas, que aunque más caros, pueden ser asumidos al asegurar una duración de tres campañas como polietilenos termoaislantes, tricapas, etc, siempre que sean bien tratados y ciertas técnicas, como puede ser el blanqueado suave, se aplique y se elimine correctamente para no dañarlo o restarle transparencia. Se continúan utilizando sistemas de dobles cubiertas para ganar unos grados de temperatura en los meses fríos, cuando se desarrolla la planta, aunque a veces, incluso estando perforada, crea problemas de goteras la segunda cubierta, y si esta se ensucia, se incrementa, aún más el de falta de luminosidad. Cuando se utiliza esta práctica en invernaderos tradicionales y suben las temperaturas ambientales antes de iniciar la recolección, se producen desequilibrios térmico-higrométricos que provocan la aparición de “Blossom end root” en los frutos de las primeras cruces, que es donde reside una gran parte del valor económico de la producción.

En cuanto al consumo de fertilizantes y fitosanitarios en este cultivo se evalúa respectivamente, en un 8,5% y un 10,1% de los costes totales de producción y un 10,5% y 12,4% de los costes variables del ciclo productivo, para el total de las explotaciones de la Región, y esto sin tener en cuenta los gastos de aplicación, únicamente el coste de materias primas (AMOPA, 2000). Esto significa que una reducción del 50% en las dosis empleadas de estos insumos, siempre que se mantenga la calidad y cantidad de las cosechas, podría suponer un ahorro anual en torno a 780 €/ha, lo que supondría 1.718.890 euros sólo a nivel de la Región de Murcia y sólo a efectos de materias primas. De hecho hemos observado en algunos experimentos (proyecto INIA SC-99-042) que la reducción de fertilizantes nitrogenados al 50% no afectó la calidad ni cantidad de las cosechas, manifestando el ahorro económico que esta práctica conlleva.

Relacionado con la actividad y presencia de insectos vectores, se está trabajando experimentalmente tanto en mallas como en materiales de cubierta que dificulten y reduzcan su importancia. Se basan en la adición de componentes al film que producirán una opacidad de cierta parte del espectro solar, en particular el ultravioleta B, el cual necesitan estos insectos para desarrollar su actividad normal. La repercusión de estas fotoselectividades accidentales también parece tener una repercusión sobre la segregación de ciertos principios químicos necesarios para cerrar el ciclo reproductor de ciertos hongos al inhibir la formación de algunos de sus órganos necesarios, en particular la formación del



Introducción: El cultivo de pimiento de invernadero

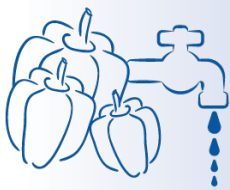
tubo polínico. Esto se ha observado en hongos del género, *Botrytis* causante de una de las enfermedades más generalizadas en el cultivo del pimiento en nuestra Región, debido a la conjunción de condiciones ambientales que se producen en los invernaderos y que son óptimas para su multiplicación.

La producción integrada se ha constituido como un factor de calidad en alza. Aproximadamente, unas 800 ha de cultivo controladas por cooperativas se encuentran en este régimen (estimaciones del año 2014). Las normas elaboradas por la Consejería de Agricultura de la Región de Murcia y consensuadas con los expertos públicos y privados del sector, sirven como garantía para asegurar la producción correcta de estos frutos. Estas normas abarcan todos los procesos y fases del desarrollo del cultivo desde la desinfección del terreno previo a su trasplante, fertilización y materias activas empleadas en la lucha fitosanitaria, que son rigurosamente utilizadas en cuanto al principio activo que la componen, reiteración de empleo y época de aplicación, así como ordenación de otras prácticas auxiliares que ayuden a realizar el cultivo. Se trabaja ampliamente en la introducción de fauna auxiliar multiplicada por procesos industriales y se sugieren ciertas prácticas culturales para respetar la existente en los ecosistemas naturales próximos a los recintos de cultivo. Así por ejemplo, entre la fauna auxiliar más desarrollada y adaptada tenemos contra mosca blanca, araña roja, trips, etc, empleándose para araña, al principio de la campaña *Ambliseyus cucumeris*, muy eficaz contra larvas pero ineficaz contra adultos, para los que se suelta, *A. californicus*. Posteriormente, para trips, *Orius laevigatus* tiene una acción larvicida y adulticida pero su introducción ha de llevarse a cabo a principio de primavera, por ser exigente en temperaturas medias. Finalmente, para *Bemisia tabaci*, se usa *Eretmocerus eremicus*, que lamentablemente no resuelve satisfactoriamente el problema ya que su multiplicación es insignificante con respecto a la de la mosca blanca. La utilización de trampas pegajosas monocromáticas, amarillas para *Bemisia tabaci* y azules, de mayor atracción, para *Frankliniella occidentalis*, en ciertas fases del cultivo y ante ataques importantes, ya no pueden ser consideradas como reflejo de los niveles poblacionales, debiendo observar el número de individuos en las plantas para valorar la intensidad real del ataque de la plaga.

En cuanto al aspecto varietal, la utilización de los tipos 'California' va en aumento, pudiendo existir una proporción aproximada del 50% con respecto a la producción total, siendo ocupado el resto por los tipos largos y semilargos. Entre los tipos 'California', junto a Orlando que ha sido el cultivar inicialmente importante, aparecen los Habana, Barbadillo y Marqués, que ofrecen una mejor conformación y entre los de maduración en amarillo, Capino, Fiesta y algo menos Zafra. Con respecto a los otros tipos, en cultivares largos se utilizan Atol, Dallas etc, para verde y maduración en rojo, y para maduración en amarillo Maribel y Paraíso. Parece ser que la tendencia de mercado, avalada por el mejoramiento de las infraestructuras de cultivo, se dirige a un aumento de las producciones de los tipos 'California', de mayor valor añadido, y descenso de los tipos largos y semilargos, ya que no se prevén aumentos de superficies sino renovación de la infraestructura ya existente (González Benavente, 2008, comunicación personal).

3.2.2.-Importancia económica y social del cultivo del pimiento en España y en la Región de Murcia

El éxito mundial del pimiento radica en que es un cultivo con tres destinos de consumo: pimiento en fresco, para pimentón y para conserva. La demanda de los mercados europeos de pimientos frescos durante todo el año ha crecido espectacularmente desde la década de los 80 hasta la década de los 2000, y ha tenido como consecuencia el desarrollo del cultivo en invernaderos en todo el litoral mediterráneo español. El pimiento es uno de los cultivos hortícolas bajo invernadero con mayor superficie cultivada en nuestro país, localizándose casi la mitad de la producción en Almería, Alicante y Murcia.



IMPORTANCIA ECONÓMICA EN EL MUNDO Y EN ESPAÑA.

A nivel mundial, según datos estadísticos de la FAO de 2012, la superficie dedicada al cultivo de pimiento fue de 1 796 329 ha. La superficie destinada a este cultivo en Europa ocupa un 9% de la mundial, siendo el país donde más se cultiva el pimiento España, seguido de Serbia y Montenegro y Bulgaria (Figura 7).

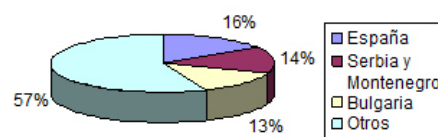


Figura 7. Distribución porcentual de la superficie europea cultivada de pimiento en 2012.

La producción mundial en el año 2012 fue de más de 28 millones de toneladas, de las cuales Europa produjo cerca del 13%. España es el primer país productor de pimiento europeo (Figura 8) y en relación con los otros dos países que dedicaban mayor superficie de cultivo a este producto (Serbia y Montenegro y Bulgaria), es también el país que mayor rendimiento de producción obtiene.

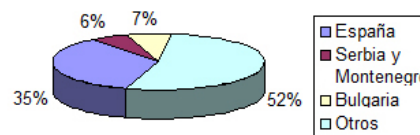


Figura 8. Distribución porcentual de la producción europea de pimiento en 2012.

En España, el cultivo de pimiento es muy importante, habiéndose incrementado la producción en más de 250 000 t desde el año 1985 hasta el año 2008 (Anuario de Estadística Agroalimentaria, 2008). Las principales zonas productoras se encuentran en el Sureste español, siendo la provincia de Almería y la Región de Murcia los mayores productores (Figura 9). En ellas el cultivo de pimiento es principalmente bajo invernadero, ocupando un 85% de la superficie total en la Región de Murcia y casi el 100% en Almería.

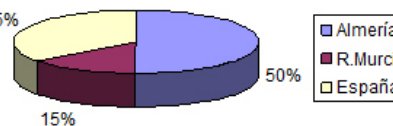
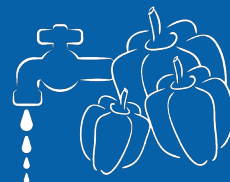


Figura 9. Distribución porcentual de la producción española de pimiento en 2009.

En las siguientes tablas se reflejan algunos datos generales obtenidos del Anuario Estadístico Agroalimentario del año 2008 (publicación 2011) de superficies, producción, rendimientos y comercio exterior del pimiento fresco a nivel nacional.

AÑO 2008	SUPERFICIES (ha)				RENDIMIENTOS (kg/ha)			PRODUCCIÓN TOTAL (t)
	PROVINCIA	AIRE LIBRE SECANO	AIRE LIBRE REGADÍO	PROTEGIDO REGADÍO	SUPERFICIE TOTAL	AIRE LIBRE SECANO	AIRE LIBRE REGADÍO	
Almería	0	71	6.986	7.067	0	25.535	63.707	446.871
Murcia	0	270	1.468	1.738	0	40.000	70.000	125.304
Cádiz	0	960	0	960	0	40.750	0	39.120
Málaga	1	165	620	786	0	20.000	55.000	37.400
Granada	0	346	251	597	0	31.879	70.000	28.600
Ciudad Real	0	597	0	597	0	40.000	0	23.880
Alicante	0	20	212	232	0	36.950	107.982	23.627
Navarra	0	905	2	907	0	20.660	21.000	18.739
Toledo	0	408	0	408	0	37.191	0	15.174
Coruña	14	180	202	396	12.000	21.200	50.000	14.084
Pontevedra	17	157	177	351	13.000	20.180	60.000	14.009
Badajoz	0	259	21	280	0	33.750	225.000	13.466
ESPAÑA	198	7.984	10 499	18 681	8.810	28.475	65.630	918.140

Tabla 9. Provincias productoras más importantes de pimiento (fresco e industria) Fuente: Anuario Estadístico Agroalimentario 2008 (Serrano, 2011).



Introducción: El cultivo de pimiento de invernadero

AÑO 2008	SUPERFICIES (ha)				RENDIMIENTOS (kg/ha)			PRODUCCIÓN TOTAL (t)
	COMUNIDAD AUTÓNOMA	AIRE LIBRE SECANO	AIRE LIBRE REGADÍO	PROTEGIDO REGADÍO	SUPERFICIE TOTAL	AIRE LIBRE SECANO	AIRE LIBRE REGADÍO	
Andalucía	16	2.525	7.884	10.425	6.884	32.059	63.177	579.150
Murcia	0	270	1.468	1.738	0	40.000	7.800	125.304
Castilla- Mancha	0	1.299	0	1.299	0	34.737	0	45.123
C. Valenciana	3	451	329	783	10.000	23.075	87.021	39.067
Galicia	37	482	546	1.065	12.541	19.762	53.242	39.059
Extremadura	0	639	22	661	0	30.190	22.500	24.241
Navarra	0	905	2	907	0	20.660	21.000	18.739
Castilla-León	0	374	15	389	0	23.449	43.187	9.437
Baleares	6	54	114	174	10.000	45.587	78.642	11.487
ESPAÑA	198	7.984	10.499	18.681	8.810	28.475	65.630	918.140

Tabla 10. Comunidades Autónomas productoras más importantes de pimiento (fresco e industria) Fuente: Anuario Estadístico Agroalimentario 2008 (Serrano, 2011).

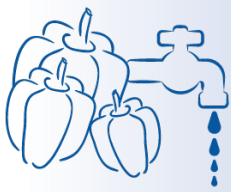
AÑOS	SUPERFICIE (miles ha)	RENDIMIENTO (qm/ha)	PRODUCCIÓN (miles de t)	PRECIO MEDIO PERCIBIDO AGRICULTORES (€/100 kg)	VALOR (miles €)	COMERCIO EXTERIOR (toneladas)
1997	22,9	390	893,3	69,29	618.974	1.058
1998	22,4	397	890,1	61,18	540.124	1.206
1999	23,2	405	939,2	53,06	498.315	2.418
2000	23,2	408	946,7	76,51	724.366	3.287
2001	22,8	430	979,2	64,70	633.511	4.713
2002	23,0	460	1.056,8	60,39	638.180	7.816
2003	22,4	472	1.056,2	78,23	826.251	11.539
2004	22,7	473	1.075,5	86,36	926.810	13.556
2005	23,7	448	1.060,4	67,56	719.562	17.639
2006	23,7	484	1.547,8	69,11	793.227	18.778
2007	21,8	485	1.057,5	85,24	901.441	26.726

Tabla 11. Serie histórica de pimiento (fresco e industria). Superficie, rendimiento, producción, valor y comercio exterior (Serrano, 2011).

IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL EN LA REGIÓN DE MURCIA

En la Región de Murcia los cultivos hortícolas más importantes son: el pimiento, la lechuga, el tomate, el brócoli, la alcachofa y el melón. La superficie destinada al pimiento ocupa un 4% de la superficie total destinada a los distintos cultivos hortícolas y su producción se incrementó en 50 000 t en el intervalo 1995-2004, para descender otras 50 000 t en el periodo 2005-2013 (Anuario Estadístico de la Región de Murcia 2013).

El cultivo del pimiento bajo invernadero constituyó un ejemplo típico de las nuevas orientaciones productivas de la agricultura comercial de la Región de Murcia y el sur de la Provincia de Alicante, especialmente en la década de los 90. Llegó a ocupar más de 2.500 ha de superficie con un incremento máximo en dos años de aproximadamente 500 has (de 2004 a 2006). A partir del año 2006, con una superficie de pimiento de invernadero en la Región de Murcia de 1.904 ha (Centro



Regional de Estadística de Murcia, 2013) comenzó a descender hasta llegar a 1.233 ha en 2013, con un mínimo regional de 1.224 ha en 2012. La consecuencia principal de este descenso es un menor consumo interno a causa de la crisis económica general.

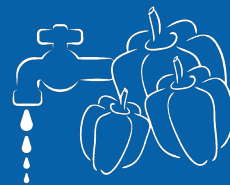
La producción de la Región de Murcia y del sur de Alicante está cercana al 17% del total español, con un 8,7% de la superficie (denotando el elevado rendimiento del cultivo), situándose aproximadamente un 83% de la superficie de la Región de Murcia en el Campo de Cartagena, lugar donde se establece la parcela demostrativa. De esta superficie más del 85% es bajo invernadero. Del mismo modo, el cultivo del pimiento constituye cerca del 9% del total del Subsector Agrícola y aproximadamente el 6% de la Producción Final Agraria Murciana (AMOPA, 2010). La gran importancia económica para España del cultivo de pimiento nos indujo a su selección para abordar la temática propuesta, además de desarrollarse en forma relativamente continuada a lo largo del año.

En cuanto a la importancia social del cultivo objeto de esta tesis, en el Campo de Cartagena, hay que tener en cuenta que demanda más de 1,9 millones de jornales al año y participa en la producción final agraria de la Región de Murcia en una cantidad superior a 120 millones de euros al año, correspondiendo más de 60 millones a la exportación (AMOPA 2010). Todo esto justifica la utilización de un invernadero experimental, ubicado en la Comarca del Campo de Cartagena para la realización de los oportunos ensayos.

En la zona del Campo de Cartagena el cultivo de pimiento de carne gruesa en invernadero para la exportación es de los más importantes, localizándose la producción en los términos municipales de San Javier, San Pedro del Pinatar y Torre-Pacheco. Como se refleja en la siguiente tabla, la casi totalidad del cultivo bajo invernadero se encuentra localizado en el Campo de Cartagena.

Año	Altiplano	Noroeste	Vega del Segura	Valle del Guadalentín	Campo de Cartagena	TOTAL (ha)
1996	1	0,1	27	13	1.231	1.272
1997	1	1	25	14	1.508	1.549
1998	1	1	18	11	1.471	1.502
1999	1	1	19	1	1.563	1.585
2000	1	1	22	1	1.687	1.712
2001	1	1	22	1	1.754	1.779
2002	1	1	22	1	1.770	1.795
2003	1	1	22	1	1.785	1.810
2004	1	1	21	2	1.935	1.960
2005	1	1	20	2	1.818	1.840
2006	1	1	17	3	1.882	1.904
2007	1	1	17	3	1.777	1.799
2008	1	0	19	3	1.715	1.738
2009	1	0	20	3	1.647	1.671
2010	1	0	15	2	1.361	1.379
2011	1	0	15	1	1.317	1.334
2012	1	0	14	1	1.208	1.224
2013	1	0	13	1	1.218	1.233

Tabla 12.- Distribución comarcal del cultivo de pimiento en invernadero en la Región de Murcia (Hectáreas). Fuente: Anuario Estadístico de la Región de Murcia 2013.



Introducción: El cultivo de pimiento de invernadero

La superficie total de pimiento en la Región de Murcia actualmente se aproxima a las 1.233 ha (año 2013). Esta superficie da lugar a una producción comercializable actual de 107 250 t, que representa aproximadamente el 10% de la producción agrícola murciana. Según su serie histórica (Tabla 13), la producción presenta un crecimiento paulatino y constante a partir del año 1995 hasta 2004, año en el que se bate el record de producción regional con 179 536 t, y a partir del cual empieza a descender hasta superar ligeramente las 100 000 t actuales, habiendo evolucionado en mayor medida la calidad de la producción y el tipo de fruto demandado por el mercado.

AÑO	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
PRODUCCIÓN (t)	116.769	118.091	119.062	122.057	128.460	138.141	140.096	141.468	147.140	153.407	158.945

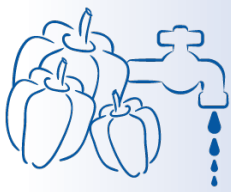
AÑO	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
PRODUCCIÓN (t)	179.536	154.520	162.237	128.618	125.034	126.741	113.990	110.968	99.652	107.250

Tabla 13. Evolución de la producción de pimiento de invernadero en la Región de Murcia. Fuente: Anuario Estadístico de la Región de Murcia 2013.

Por lo tanto, actualmente la superficie total de este cultivo se aproxima a las 1.250 ha, dando lugar a una producción comercializable de unas 110 000 t. El número de productores de pimiento es de aproximadamente 1.300, con una superficie media de 0,96 ha, lo que indica que la estructura de producción de las explotaciones es familiar, por lo que es un cultivo eminentemente social. Este cultivo a su vez requiere gran cantidad de mano de obra, estimándose que genera empleo en campo a 3.569 personas, 1.785 en almacén y 714 empleos indirectos (empresas auxiliares de invernaderos, plásticos, riegos, fertilizantes, fitosanitarios, embalaje, transporte, industria, congelados, etc.), lo que da un total de 6.068 empleos, que supone un importe en mano de obra superior a los 50 millones de euros (C.A.R.M. <http://www.carm.es/econet>).

En cuanto al valor de la producción del pimiento se aproxima a los 100 millones de €, y la facturación total (producción, confección y transporte) máxima, que fue la de la campaña 2004/2005, ascendió hasta los 130 millones de €. Se estima que la aportación del subsector agrícola a la producción final agraria regional (PFA) en esa misma campaña fue de 960 millones de € y unos 480 millones de € en conjunto del grupo de las hortalizas, representando el cultivo del pimiento el 8% de PFA y el 16% del grupo de las hortalizas. Por lo tanto la trascendencia del cultivo en esta zona productora es manifiesta por la magnitud social y económica que alcanza, siendo una fuente de riqueza y empleo, y el verdadero motor de la economía local de los municipios mencionados. Tiene además un importante peso específico en la industria conservera regional, aunque su principal orientación es la exportación en fresco a los mercados de Alemania, Francia y Austria, y otros países comunitarios. En términos generales, se puede hablar de más de un 70% en cifras de exportación que, en la campaña 2013-2014, se repartieron entre el 90% del tipo 'California' y el 10% restante del tipo 'Lamuyo'. Referente al valor de las infraestructuras de producción y tecnologías adaptadas al cultivo del pimiento (invernaderos, riego localizado, etc.) en las 1.800 ha de cultivo regionales se calcula que se superan los 300 millones de euros (C.A.R.M. <http://www.carm.es/econet>).

El cultivo del pimiento en invernadero en la Comarca del Campo de Cartagena, experimentó su gran desarrollo a partir de la llegada de las aguas de trasvase Tajo-Segura en el año 1979. La posición relativamente cercana a los mercados europeos, su bondad climática invernal, la calidad de las aguas de riego del trasvase y el calendario de producción (recolecciones desde marzo hasta septiembre) que vienen a cubrir el hueco de mercado que deja la producción almeriense, han sido los factores que han propiciado el desarrollo progresivo de este cultivo y su rentabilidad la principal razón de la



especialización que se ha producido en esta Comarca, de manera que el pimiento es prácticamente el único cultivo en invernadero que se realiza en estas zonas y constituye el segundo cultivo en importancia dentro de las especies hortícolas desarrolladas en invernadero en la Región de Murcia, tras el tomate en la zona de Mazarrón y Águilas.

La principal zona productora se localiza en el Campo de Cartagena, siendo Torre Pacheco, San Javier, San Pedro del Pinatar y Cartagena, los municipios donde se concentra la mayor producción de este cultivo (Figura 10). Según datos de producción de pimiento por municipios del Centro Regional de Estadística de la Región de Murcia (2013), las principales superficies se localizan en Torre-Pacheco (535 ha), San Pedro del Pinatar (105 ha) y San Javier (357 ha).

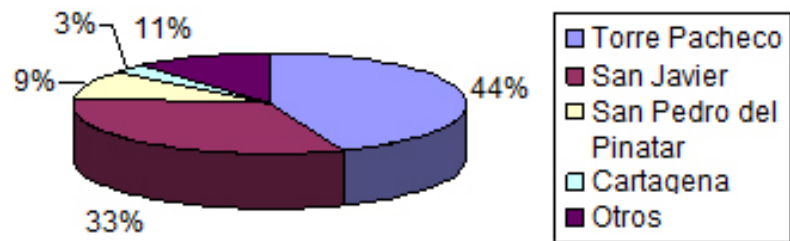


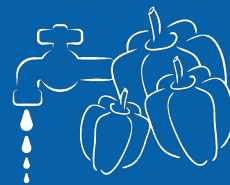
Figura 10. Distribución porcentual de la producción murciana de pimiento en 2009.

3.2.3.-Estudio económico de los procesos de producción del pimiento de invernadero.

Los datos reflejados en este apartado provienen de la publicación de la Asociación Murciana de Organizaciones de Productores Agrarios titulada “Estudio técnico-económico de los procesos de producción agrícola y de transformación (manipulación y confección) de las principales orientaciones hortofrutícolas de la Región de Murcia (A.M.O.P.A., 2006). En este estudio se caracteriza la agricultura intensiva de especialización hortofrutícola murciana a partir de cuatro bases diferenciadoras: las ventajas comparativas de localización y factores de producción como el clima, el crecimiento y diversificación de ella demanda en la UE, la integración económica y comercial de España en ese área y el desarrollo tecnológico. Sobre esas bases se define un sistema productivo que se caracteriza por una especialización productiva (predominio de las orientaciones hortofrutícolas), intensificación productiva, expansión de las superficies cultivadas, integración productiva, extravención y otras. Realizan el análisis de los procesos de producción agrícola combinando una dimensión técnico-agronómica con otra económico-contable, efectuando a partir de una serie de datos de explotaciones mediante fichas agronómicas, la estandarización de las estructuras y procesos productivos y unas fichas de la estructura de los costes de producción.

Esta Asociación ha obtenido datos relativos a cada sistema productivo y cultivo sobre los costes fijos, costes variables, amortización de maquinaria, etc., que en el caso del cultivo de pimiento de invernadero diferencian entre pimiento ‘California’ y pimiento ‘Lamuyo’, ambos en el Campo de Cartagena.

Para el pimiento tipo ‘California’, en lo que respecta al abonado nitrogenado, establecen las siguientes aplicaciones medias para todo el ciclo de cultivo: 140 000 kg/ha de gallinaza como abonado de fondo, con un coste de 3.365,67 € (si bien este dato no parece correcto porque en otra parte del estudio dan la cifra de 30 000 kg/ha de estiércol, con un coste de 649,09 €/ha, cifras estas más verosímiles), 1.000 kg/ha de nitrato de calcio, con un coste del producto de 360,64 €; 2.240 kg/ha de nitrato potásico, con un coste del producto de 942,40 € y 1.000 kg/ha de nitrato amónico, con un coste de 219,36 €. Consideran además unas necesidades hídricas para un cultivo que va desde diciembre hasta agosto de 10.000 m³/ha, con un coste de 1.232,07 €/ha para todo el ciclo del cultivo. Calculan unos costes totales de producción en materias primas de 24.256,72 €/ha, 1.232,07 €/ha del agua de riego y 17.025,71 €/ha de la mano de obra, por lo que los costes de abonado nitrogenado (mineral + orgánico), sin contar la mano de obra, que ascienden a 4.888,07 €/ha, incluyendo el abonado potásico,



Introducción: El cultivo de pimiento de invernadero

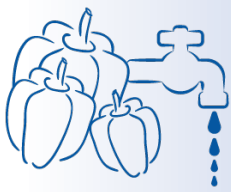
suponen el 20,15% de los costes de materias primas y el 11,50% de los costes totales de producción, que ascienden a 42 514,50 €/ha. En lo que se refiere a la aplicación del estercolado, cifran el coste de la mano de obra en 649,09 €/ha y el de la aplicación de abonados minerales nitrogenados en 190,41 €/ha. En el caso del pimiento tipo 'Lamuyo' dan unos costes algo inferiores al tipo 'California', ascendiendo los costes totales de producción a 35 357,14 €/ha.

Así pues, según este estudio (A.M.O.P.A., 2006), los costes exclusivamente relacionados con el abonado mineral nitrogenado (materias primas + mano de obra), sin contar el estercolado, en el cultivo de pimiento de invernadero ascenderían a unos 1.500 €/ha, lo que supone aproximadamente el 4% de los costes totales de cultivo y en el entorno del 7,5% de los costes de materias primas.

En la publicación titulada "Estudio de Costes y Rentas de las Explotaciones Agrarias" del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2014), donde se refleja el resultado de los cultivos hortícolas de la Región de Murcia, Andalucía, Castilla y León, Castilla-La Mancha, Extremadura y la Comunidad Valenciana, estudian 6 explotaciones de pimiento de invernadero en Murcia. Los resultados obtenidos dan una dosis de N mineral aplicado de 302 kg/ha, una explotación media de 4,31 ha y una producción media de 89 829 kg/ha, resultados estos que se encuentran dentro de los valores obtenidos en esta tesis.

Establecen unos ingresos por producto de 56 476,13 €/ha, con un precio medio de 62,87 €/100g y cifran el coste de fertilizantes minerales en 1.670,10 €/ha, el 4,26% de los costes directos, que suponen a su vez el 38,28% del total de costes. Los datos de esta misma publicación del año 2013 para Murcia establecen unos ingresos por producto de 54 329,54 €/ha, con un precio medio de 62,30 €/100g y cifran el coste de fertilizantes minerales en 1.439,37 €/ha, el 3,78% de los costes directos, que suponen a su vez el 38,80% del total de costes. En el caso de la provincia de Alicante (2014) los resultados difieren, obteniendo unos ingresos por producto de 68 375,92 €/ha, con un precio medio de 54,34 €/100g y cifran el coste de fertilizantes minerales en 3.309,80 €/ha, el 7,20% de los costes directos, que suponen a su vez el 59,52% del total de costes. Así, las cifras varían según las explotaciones encuestadas, por lo que los datos solo se pueden tomar como orientativos; pero en todo caso se mueven dentro de los ofrecidos por A.M.O.P.A. y estudiados en el desarrollo de esta tesis.

Según el estudio de A.M.O.P.A. (2006), la aplicación media de abonado mineral nitrogenado es de 1.000 kg/ha de nitrato de calcio (con una riqueza del 15,5% de N), 2.240 kg/ha de nitrato potásico (con una riqueza del 13% de N) y 1.000 kg/ha de nitrato amónico (con una riqueza del 33,5% de N), lo que supone una aplicación de N de 776,20 kg/ha (77,62 g/m²), todo esto para una aplicación de estiércol de fondo de 3 kg/ha y una producción media de 105 000 – 110 000 kg/ha de pimiento "California". En nuestros ensayos se han aplicado dosis de abonado mineral en el T-3 en el entorno de 800 kg/ha de nitrato cálcico y 1.050 kg/ha de nitrato potásico, lo que equivale a 260,5 kg/ha de N (26,05 g/m²) y en el T-4 (al que más abonado mineral se le aportó) la dosis de abonado mineral nitrogenado fue de 45 gN/m², esto para un estercolado como abonado de fondo de 1,5 a 4 kg/m². Estos datos indican cómo las hipótesis de partida (con dosis de abonado mineral nitrogenado entre 0 y 45 g/m² y estercolado entre 1,5 y 4 kg/m²) para una producción media cercana a los 90 000 kg/ha están incluso por debajo de los valores ofrecidos por el estudio de A.M.O.P.A. a nivel regional, como aplicaciones medias de los agricultores en este cultivo, siendo superiores a las dosis más altas ensayadas. Estableciendo una proporcionalidad, para una producción de 90 000 kg/ha, el agricultor aplicaría según A.M.O.P.A. un estercolado de 2,5 kg/m² y una dosis de abonado mineral nitrogenado de 60 gN/m², muy superior a las ensayadas, lo que da una idea de la relevancia e importancia de nuestro estudio.



Si extrapolamos los datos de las encuestas a agricultores de A.M.O.P.A. (2006) a nuestros ensayos, para una producción total media de todas nuestras anualidades y para todos los tratamientos ensayados de 83 180 kg/ha, la cantidad de N mineral a aplicar para 3 kg estiércol /m² (cantidad media cercana a la aplicada a lo largo de los ensayos, de 3,31 kg/m²), resultaría que el agricultor de la Comarca, según este estudio, aplicaría una cantidad de abonado nitrogenado mineral entre 586,94 y 614,89 kg/ha (58,69 y 61,49 gN/m²), cantidad esta a todas luces excesiva según los datos medidos en esta tesis, donde ya dosis de 45 gN/m² han resultado altas y han dado niveles de lixiviación de nitratos intolerables, de hasta 398,43 kg/ha, es decir hasta el 88% del N aportado en el caso más extremo.

En nuestros ensayos, con una media de todos los tratamientos con abonado mineral de 22,41 g N mineral/m² aportado (224,10 kg/ha) hemos obtenido una lixiviación media de nitratos de 145,55 kg N/ha, lo que supone el 14,63% del nitrógeno mineral aplicado (puesto que, como se ha comprobado, la materia orgánica también da lugar a lixiviación de nitratos) y eso teniendo en cuenta que el riego se ha aplicado con la máxima eficiencia y ajustado en todo momento a los datos de la evaporación del cultivo. Si hubiésemos aplicado el abonado mineral nitrogenado resultante de los datos que da A.M.O.P.A. como N medio aportado por el agricultor, en las condiciones de nuestros ensayos equivaldría a 77,62 g N mineral/m², la mayor parte del cual se lixiviaría.

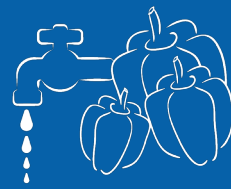
Tenemos que tener en cuenta además el factor agua aplicada, ya que A.M.O.P.A. (2006) da una media de 10 000 m³/ha de riego para este cultivo para una producción de 105 000- 110 000 kg/ha. Este dato extrapolado a nuestros ensayos, con una producción media de 83 180 kg/ha, daría un riego de entre 7.545 y 8.715 m³/ha, siendo la cantidad media de riego para los 8 años de ensayos aplicada por nosotros de 6.026,20 m³/ha, algo inferior a lo que A.M.O.P.A. da como riego medio aplicado por el agricultor (entre el 20 y el 30%). Si tenemos en cuenta esto, es posible que la cantidad de nitratos lixiviados sea aún mayor, debido a una mayor aportación media de agua en la Comarca que la aplicada en nuestros ensayos resultante de los cálculos de la evaporación en cubeta tipo A en el interior del invernadero.

3.3.- LA PROBLEMÁTICA DE LA AGRICULTURA INTENSIVA CONVENCIONAL: LAS AGRICULTURAS SOSTENIBLES

Dado que durante el desarrollo de los ensayos de esta tesis se vio conveniente, con el objetivo de estudiar el efecto sobre la lixiviación de nitratos de las principales técnicas de cultivo empleadas en el pimiento de invernadero en la Región, ensayar en las cuatro últimas anualidades los cultivos convencional, integrado y ecológico; es importante hacer una descripción de sus principales características y diferencias.

3.3.1.-El cultivo convencional y su problemática

El cultivo convencional se puede definir como el que se practica desde la aparición de los fertilizantes y plaguicidas e incluye las labores culturales que todavía realizan la mayoría de los agricultores de todo el mundo. La fertilización en este tipo de cultivo se suele realizar a partir de abonos de síntesis y la aplicación de algunas enmiendas orgánicas antes de la plantación. En pimiento de invernadero se emplea la técnica de la fertirrigación, basada en la aplicación del abonado mediante el agua de riego. La cantidad y tipo de abonado a emplear en este tipo de agricultura se establece en función del estado fenológico de la planta. Se basa en unos criterios generales muy simples: durante las primeras fases de cultivo el pimiento es muy exigente en nitrógeno, disminuyendo la demanda del mismo tras la recolección de los primeros frutos, durante la floración se produce la máxima demanda de fósforo; el potasio determina la precocidad, coloración y calidad de los frutos y la planta aumenta su absorción hasta la floración, equilibrándose en etapas posteriores y en cuanto al magnesio, el pimiento es muy exigente en el periodo de maduración.



Introducción: El cultivo de pimiento de invernadero

El concepto de agricultura convencional se emplea en los ensayos de esta tesis en el sentido de un sistema de producción artificial, basado en el alto consumo de insumos externos (gasoil, fitosanitarios, fertilizantes químicos, etc) minimizando la participación de los ciclos naturales. En los países del Primer Mundo equivale a “agricultura química”, incluso a “agricultura industrial”; no a “agricultura intensiva”.

Es muy difícil establecer una receta base para el cultivo del pimiento, ya que son muchos los factores que intervienen en la absorción de los nutrientes. Para determinar las necesidades de abonado en agricultura convencional se suelen emplear dos métodos, uno en función de las extracciones del cultivo y otro, utilizado de forma muy generalizada, que se basa en establecer un calendario de abonado, según el análisis del agua de riego a emplear o el análisis de los suelos, o incluso sin realizar estos análisis.

Las extracciones del cultivo, normalmente, guardan una relación de 3,5-1-7-0,6 de N, P_2O_5 , K_2O y MgO , respectivamente. La cantidad de fertilizantes variará según el tipo y aportación de nutrientes del abonado de fondo. Así, si se ha realizado un correcto abonado de fondo no se debe forzar el abonado hasta que los primeros frutos alcancen el tamaño de una castaña, evitando el excesivo desarrollo vegetativo y la caída de flores y frutos recién cuajados. Tras el cuajado, se suele fertilizar con una relación N-P-K de 1-1-1, que varía en función de las necesidades del cultivo hasta aproximarse a 1,5-0,5-1,5 durante la recolección.

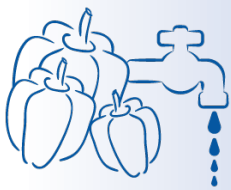
Los fertilizantes más aplicados son los abonos simples:

- Sólidos solubles: nitratos cálcico, potásico y amónico; fosfatos monoamónico y monopotásico; sulfatos potásico y magnésico.
- Líquidos: ácidos fosfórico y nítrico.
- También se emplean abonos complejos sólidos cristalinos y líquidos que se aplican en combinación con los anteriores o solos, microelementos y numerosos correctores de carencias (aminoácidos, ácidos húmicos, etc.) que pueden aplicarse bien vía foliar o bien por riego por goteo.

Las plagas y las enfermedades en el sistema de cultivo convencional se suelen combatir mediante la aplicación de productos químicos de síntesis y las malas hierbas mediante el uso de herbicidas, encontrándose en el mercado una amplia gama de productos. El control químico por métodos convencionales o utilizando tecnologías más o menos sofisticadas, ha sido, hasta la implantación de reglamentos técnicos de producción integrada, la forma más usualmente utilizada para el control de las plagas y de las enfermedades fúngicas en los cultivos de pimiento en invernadero.

En estos casos, la toma de decisiones para la realización de las intervenciones, se adapta a criterios de prevención, de presencia de una plaga concreta, de antecedentes de años anteriores, de precio de la cosecha, de calendarios establecidos o de disponibilidad de medios para realizarlas. La elección de las materias activas, de los formulados y de las formas de aplicación, se acoge a criterios de disponibilidad, de facilidad para la aplicación, del coste de la ejecución más que a niveles de eficiencia, de la localización de la plaga, de la sensibilidad, de los umbrales de daños admisibles o de la evolución de los niveles poblacionales.

Las orientaciones técnicas tienen en cuenta un mayor número de elementos a la hora de tomar las decisiones, pero quedan mediatizadas por factores ligados a la ejecución. En estos casos se tienen en cuenta los niveles poblacionales, aspectos ecológicos y epidemiológicos y, en los casos en que se han determinado previamente, los umbrales de daños, los plazos de seguridad, las orientaciones comerciales (sobre todo para exportación) de acuerdo a los límites máximos de residuos admitidos en el país de destino, y las posibilidades de aparición de resistencias en las poblaciones de los patógenos y de las plagas.



Resulta habitual el seguimiento de un régimen de intervenciones químicas periódicas, sobre todo en los momentos de mayores riesgos, llegándose a intervenciones semanales en las que en cada aplicación se incluyan varios formulados, incluso con acción para la misma plaga o enfermedad y con el mismo modo de actuación.

En los invernaderos en los que se practica lucha química convencional, surgen problemáticas derivadas de la adquisición de resistencias por parte de plagas y enfermedades a los productos autorizados aplicados habitualmente. Este hecho tiene como consecuencia más inmediata la tendencia a un aumento en la frecuencia de aplicaciones, por causa de las reducidas eficacias de dichas aplicaciones; lo que a su vez repercute en una creciente dificultad para respetar los plazos de seguridad. Si a ello añadimos la existencia de una tendencia generalizada a la reducción en los LMR, para ciertas materias activas, el problema llega a complicarse considerablemente. Por si fuera poco, el mercado de nuevos fitosanitarios es cada vez menos dinámico, y no cabe esperar que surjan nuevas alternativas a materias activas “agotadas” en un plazo de tiempo relativamente corto.

3.3.2.-La producción integrada

Los orígenes del actual concepto de producción integrada se remontan a la década de los años 50 cuando surgió la “protección integrada” de cultivos frente a las plagas en California y Europa simultáneamente. Sin embargo no fue hasta septiembre de 1990 cuando la OILB (Organización Internacional de Lucha Biológica) redactó un documento básico que definió la producción integrada, describió las estrategias básicas y estableció las directrices técnicas y normas para su práctica.

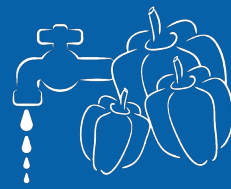
La producción integrada es definida por la OILB como el “Sistema de producción sostenible de alimentos de alta calidad mediante métodos respetuosos con el medio ambiente y manteniendo los ingresos de la explotación”. También la Organización Internacional para la Lucha Biológica (OILB) la ha definido como “Un sistema de explotación agraria que produce alimentos y otros productos de calidad mediante el uso de recursos naturales y de mecanismos reguladores, para reemplazar los insumos contaminantes y para asegurar una producción sostenible”. La Producción Integrada, (PI), es un sistema de producción agraria que utiliza prácticas compatibles con la protección y mejora del medio ambiente, los recursos naturales, la diversidad genética y la conservación del suelo. Desde el punto de vista puramente técnico la Producción Integrada consiste en la aplicación racional de las prácticas agrícolas, basadas en criterios técnicos de buenas prácticas agrícolas. Los objetivos que se persiguen con este sistema de cultivo son los siguientes:



Figura 11. Logotipo de Producción Integrada (PI) del cultivo de pimiento en la Región de Murcia.

- Conservación de recursos (edafológicos, hidráulicos, genéticos, etc.).
- Uso racional de insumos (energéticos, fitosanitarios, fertilizantes, etc.).
- Gestión adecuada de residuos, tanto sólidos como líquidos.
- Conservación y mejora del medio (paisaje, ecosistemas, seguridad e higiene de la población rural, etc).
- Conseguir una producción de alta calidad organoléptica y sanitaria garantizando la seguridad de los alimentos.
- Mantener la economía de las explotaciones.

La producción integrada intenta utilizar los mecanismos de regulación natural, buscando una sostenibilidad en el tiempo. Para conseguir esto, todas las normas de producción integrada establecen una serie de



Introducción: El cultivo de pimiento de invernadero

prácticas prohibidas, recomendadas y obligatorias para cada cultivo que se acoja a estos métodos de producción.

La Producción Integrada, a diferencia de la Producción Ecológica, permite la utilización de productos agroquímicos de síntesis (abonos, pesticidas...), si bien esta utilización está restringida en las Normas Técnicas específicas de producción para cada cultivo, y sólo permitida si no existen otras alternativas viables. Se elaboran 3 tipos de documentos para la Producción Integrada:

- Reglamento genérico de Producción Integrada para todos los cultivos, que contiene las normas generales aplicables al conjunto de cultivos.
- Reglamento específico de Producción Integrada para cada cultivo, y en su caso de los procesos industriales y de la comercialización.
- Normas respecto al uso de una marca de garantía y de un logotipo de calidad en los envases, avalado por el organismo público o privado competente en cada territorio.

Las normas específicas a seguir para la Producción Integrada de pimiento en invernadero en la Región de Murcia están establecidas en la Orden de 24 de abril de 2002 de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua. Dichas normas se refieren tanto a la fertilización como a los productos que pueden emplearse para el control de plagas.

Las normas establecidas para la fertilización de pimiento de invernadero son:

Obligatorias:

- Análisis físico-químico del suelo, al menos cada 3 años, manteniendo niveles de P-K medios-altos.
- Aplicación de materia orgánica con 4-10 kg/m² y año, hasta un mínimo del 2% de materia orgánica en los primeros 25 cm, e incorporación periódica para mantener dicho nivel.
- Distribución según absorción del cultivo.
- Las aportaciones máximas de nutrientes para una hectárea se fijan para una producción de 10 kg/m² en: 4 UF/t de N, 1,2 UF/t de P₂O₅, 6,6 UF/t de K₂O, 3,2 UF/t de Ca y 1,5 UF/t de Mg.
- En cultivo en sustratos, ajustar la fertilización en función del balance entre la solución nutritiva de entrada y la de drenaje o la solución del sustrato, eligiendo el medio según características del sustrato, contemplando la fase fenológica del cultivo y la actividad de absorción de los nutrientes. Realizar un análisis del drenaje al menos cada mes.
- Realizar planes de abonado que eviten aportes excesivos de nutrientes que no vayan a utilizarse por la planta y que puedan contaminar acuíferos. Respetar las limitaciones establecidas por la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia para aportes de nitrógeno. Evitar la deriva de las aplicaciones a parcelas distintas de las abonadas.

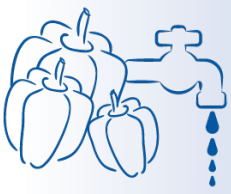
Prohibidas:

- Utilizar materia orgánica que no garantice limitaciones legales de metales pesados u otros contaminantes.

Recomendadas:

- Análisis químico anual del suelo con ajuste del nivel P-K a medio-alto.
- Con aguas de 2 meq/l de Ca o 1 meq/l de Mg o más, no es necesario aportarlos, aunque en la fase de engorde y recolección se debe añadir 110 UF/ha de Ca y 30 UF/ha de Mg.

El sistema de lucha contra plagas es uno de los principales puntos de las normas de la producción integrada, por ser uno de los factores que atañen más directamente a la salud humana y se basa principalmente, en tres puntos: 1. Conocimiento de la densidad de la plaga. Es necesario conocer



en todo momento el estado sanitario de la plantación para realizar los métodos de control sólo y cuando sean necesarios. Para ello se desarrollan métodos de controles rápidos, sencillos y fiables. En general, se realizan controles visuales en el propio campo, en órganos específicos como flores y hojas. También se colocan trampas con feromonas (atrayerentes sexuales) y trampas cromotrópicas.

2. Aplicación de los umbrales de tolerancia. Una vez conocida la densidad de la plaga se decide si es un nivel admisible o hay que intervenir para controlarlo. El umbral de tolerancia es definido como el nivel de plaga que, al ser sobrepasado, necesita una intervención limitante, sin la cual el cultivo corre el riesgo de sufrir pérdidas superiores al coste de las medidas de lucha previstas y a los efectos indeseables que dicha intervención pueda suponer (Coscollá, 2000).

3. Elección de los métodos de protección. Se han de escoger según el estado fenológico de la planta para no dañar el medioambiente y respetar los plazos de seguridad entre la aplicación y recolección. Los más utilizados son:

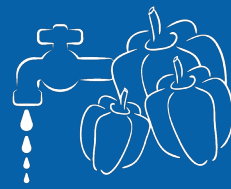
- Lucha biológica: Uso de depredadores naturales que erradiquen la plaga a tratar. El empleo de este tipo de lucha normalmente va acompañada de otro método de control que sea compatible con los depredadores naturales.
- Lucha biotécnica: A este grupo pertenecen los reguladores del crecimiento de los insectos, alteradores de la síntesis de la quitina, empleo de fitoquímicos similares a sustancias de origen natural o productos naturales (aceites) y la lucha autocida, que consiste en la liberación de machos estériles que controlen las plagas existentes.
- Lucha genética: Consiste en el desarrollo de variedades resistentes a distintas enfermedades. Por ejemplo en los cultivares tipo 'California' se ha buscado resistencia al virus del bronceado (TSWV), siguiendo las recomendaciones de la Oficina Comarcal Agraria de Torre-Pacheco, donde se han realizado numerosos ensayos al respecto (Vicente *et al.*, 2002).
- Lucha cultural: Las distintas prácticas culturales pueden incidir positiva o negativamente en la aparición y control de las distintas plagas y enfermedades. Así, se tiene que tener en cuenta la elección de plantas sanas, la fertilización y el riego, ya que excesos y carencias se relacionan con la susceptibilidad a las agresiones externas, la eliminación de las malas hierbas que pueden hospedar a diferentes plagas y la realización de una poda adecuada, entre otras.
- Lucha química: Se han de emplear productos fitosanitarios que sean compatibles con el sistema de producción integrada, respetando las normativas existentes para tal uso.

En la actualidad, en la toma de decisiones para las acciones en el ámbito fitosanitario, los criterios de intervención normalmente considerados, tienen en cuenta los siguientes aspectos (Normativa reguladora de P.I. de la C.A.R.M., 2003):

- Niveles poblacionales, en el caso de artrópodos (densidad poblacional o presencia de focos incipientes, según cual sea la naturaleza de la plaga considerada) que pueden ocasionar un determinado nivel de daños.
- Condiciones favorables para el desarrollo, o presencia de síntomas en aumento, en el caso de enfermedades.

Lo anterior podría ser aplicable en el caso de un sistema de control convencional o de lucha integrada. Si además, se plantea la realización de sueltas de auxiliares para el control de una o varias plagas, sería preciso considerar:

- Condiciones de suelta y establecimiento de auxiliares (fotoperiodo, temperatura mínima para el desarrollo, temperatura óptima, humedad relativa, nivel de floración, niveles de plaga, cultivar utilizado y otros).



Introducción: El cultivo de pimiento de invernadero

- Compatibilidad de auxiliares con productos fitosanitarios utilizados en determinadas circunstancias, para el control de ciertas plagas y/o enfermedades.

En los sistemas de control biológico o integrado de plagas y enfermedades, van surgiendo progresivamente nuevos problemas de índole fitosanitaria que no serían tales en un sistema de control convencional. Tal es el caso de la proliferación actual, en algunas zonas e invernaderos de plagas como la chinche verde (*Nezara viridula*), o el melazo gris (*Pseudococcus affinis*) (Bielza *et al.*, 2000). Todo ello, por no hablar del riesgo siempre presente de introducción de nuevas plagas y/o enfermedades que no se encuentran actualmente en nuestra zona de cultivo.

En estos sistemas, y en particular en el caso del pimiento en invernadero, se intenta reducir la incidencia de los inconvenientes planteados anteriormente; por medio de la combinación de métodos culturales, químicos y biológicos de lucha (investigación en otras especies de auxiliares potencialmente útiles) que puedan llegar a ser compatibles, y de esa forma contribuir a una ponderación de la problemática sanitaria en el cultivo, que hoy por hoy plantea no pocos interrogantes, con los medios actualmente disponibles.

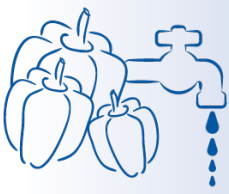


Foto 7. Aspecto de una de las parcelas de cultivo integrado, con algunos elementos empleados en lucha biológica: placas cromotrópicas azules y bolsas de auxiliares. Febrero de 2005.

3.3.3.-La agricultura ecológica

Desde el comienzo del movimiento agrícola denominado “Revolución verde”, a principios de la Segunda Guerra Mundial, la agricultura convencional ha sufrido un enorme cambio, pasando a ser una agricultura claramente industrializada. Esto se ha debido principalmente al empleo de fertilizantes y plaguicidas, a la producción de nuevas variedades de mayor producción, a la progresiva mecanización de los cultivos y al desarrollo del monocultivo como principal técnica de cultivo. Además de un incremento de las producciones y del rendimiento del cultivo por unidad de superficie, la intensificación del abonado químico y el uso de productos fitosanitarios ha producido un enriquecimiento de las industrias dedicadas a este sector y la progresiva contaminación del ecosistema. Debido a este efecto de contaminación y degradación del medio ambiente surgió, hace más de cuarenta años, un movimiento para la protección medioambiental que ha tenido un gran impacto en el mundo. De esta forma surge lo que se conoce como agricultura ecológica, biológica u orgánica, que no es más que un sistema alternativo de producción agrícola en sintonía con el medio ambiente.

La agricultura ecológica, se puede definir de manera sencilla como un compendio de técnicas agrarias que excluye normalmente el uso, en la agricultura y ganadería, de productos químicos de síntesis como fertilizantes, plaguicidas, antibióticos, etc., con el objetivo de preservar el medio ambiente, mantener o aumentar la fertilidad del suelo y proporcionar alimentos con todas sus propiedades naturales. Cultivo ecológico quiere decir producir una planta sin la utilización de productos sintéticos durante todo su ciclo de crecimiento. La planta recibe todos los nutrientes que necesita mediante



la aportación de abonos naturales (orgánicos o minerales) y la protección contra enfermedades y/o plagas, también se hace con la utilización de competidores o predadores naturales y/o también con la aplicación de preparados de origen natural. Conviene tener presente que para obtener esta mayor calidad del producto final, el cultivo necesita mayor atención que si fuese un cultivo convencional. Esta mayor atención se traduce en más horas de trabajo tanto mecánico como manual. Al final, el producto comercial tendrá un precio más alto.

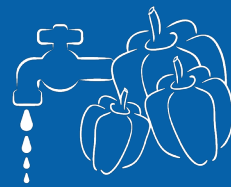
La primera definición más o menos formal fue establecida en 1979 por el departamento de agricultura de Estados Unidos, según el cual se consideraba la Agricultura Ecológica como “un sistema de producción que evita o excluye, de manera amplia, el uso de fertilizantes sintéticos, pesticidas y reguladores de crecimiento y aditivos en los piensos”. En la normativa española así como la comunitaria, se entiende por agricultura ecológica, biológica, orgánica, biodinámica o biológico-dinámica a “un sistema agrario cuyo objetivo fundamental es la obtención de alimentos de la máxima calidad, respetando el medio ambiente y conservando la fertilidad de la tierra, mediante la utilización óptima de los recursos naturales y sin el empleo de productos químicos de síntesis, procurando así un desarrollo agrario perdurable”.

El principio fundamental de la agricultura ecológica es minimizar el impacto medioambiental tanto como sea posible, mientras que se sostienen unos niveles económicamente viables de producción (Hansen *et al.*, 2001). Los aspectos claves en que se basa la agricultura ecológica son: incrementar o al menos mantener la fertilidad del suelo; evitar el uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados y altamente solubles; evitar el uso de plaguicidas sintéticos y maximizar el bienestar animal (Stolze *et al.*, 2000). Los cultivos ecológicos también pueden solucionar otra clase de problemas, como reducir la erosión y disminuir la salinidad del suelo y de las aguas (Conacher y Conacher, 1998).

La “Guía del Código Alimentario para la Producción, Procesado, Etiquetado y Comercialización de los Alimentos Producidos Orgánicamente” define la agricultura orgánica o ecológica como un sistema de producción que promueve y aumenta la salud del ecosistema, incluyendo los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. La agricultura orgánica se basa en minimizar la entrada de productos externos, prohibiendo el empleo de fertilizantes sintéticos y plaguicidas. Las prácticas de la agricultura ecológica no pueden asegurar que los productos estén completamente libres de residuos, debido a la contaminación medioambiental. Sin embargo, se usan métodos para minimizar la polución del aire, suelo y agua. El principal objetivo de la agricultura ecológica es optimizar la salud y la productividad del suelo, plantas, animales y personas.

El desarrollo normativo comunitario en cuanto a agricultura ecológica es continuo; en 1999 se aprobó el Reglamento (CE) 1804/99, que completa la norma de 1991 regulando la producción animal y en el año 2000 se creó un logotipo compuesto por los términos “Agricultura Ecológica - Sistema de Control CE” concebido para ser utilizado con carácter voluntario en el etiquetado de los productos ecológicos.

La agricultura ecológica se encuentra regulada legalmente en España desde 1989, en que se aprobó el Reglamento de la Denominación Genérica “Agricultura Ecológica”, que ha venido aplicándose hasta la entrada en vigor del Reglamento (CEE) 2092/91 sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios, siendo inicialmente el Consejo Regulador de la Agricultura Ecológica el encargado de controlar la producción ecológica en todo el territorio nacional. Posteriormente, el Real Decreto 1852/1993 adapta a la legislación española el Reglamento (CEE) 2092/91 citado. Este Real Decreto 1852/93 crea la Comisión Reguladora de Agricultura Ecológica,



Introducción: El cultivo de pimiento de invernadero

configurada como un órgano colegiado adscrito al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, para el asesoramiento en esta materia. Constituye en realidad un foro de encuentro donde participan el sector, los consumidores y la Administración Central y de las Comunidades Autónomas. Actualmente, el Reglamento en vigor es el R (CE) nº 834/2007 del Consejo de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) nº 2092/91.

En España, el control y la certificación de la producción agraria ecológica se lleva a cabo mayoritariamente a través de Consejos o Comités de Agricultura Ecológica territoriales, que son organismos dependientes de las Consejerías o Departamentos de Agricultura de las Comunidades Autónomas, o directamente por Direcciones Generales adscritas a las mismas. Nuestro país reúne condiciones para el desarrollo de este tipo de agricultura por su favorable climatología y los sistemas extensivos de producción que se aplican en un gran número de cultivos. La figura 12 nos muestra la evolución de la producción agrícola ecológica en España entre los años 1991-2004.

Evolución de la Producción Agrícola Ecológica (1991-2004)

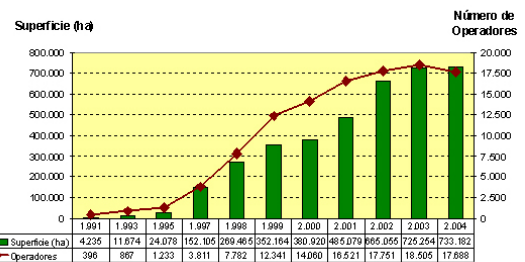


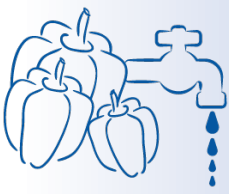
Figura 12. Evolución de la producción agrícola ecológica. Anuarios de Estadística Agraria 2003-2004.

En la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, el órgano encargado de aplicar el sistema de control establecido en el anterior Reglamento, es el Consejo de Agricultura Ecológica de la Región de Murcia, que es un órgano desconcentrado y consultivo de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente (Actualmente Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente).

Los objetivos que se persiguen con este tipo de sistema de producción agrícola son los siguientes:

- Producir alimentos de calidad nutritiva, sanitaria y organoléptica óptima, libre de cualquier tipo de residuo químico.
- Trabajar de forma íntegra con los ecosistemas.
- Fomentar e intensificar los ciclos biológicos dentro del sistema agrario, que comprende los microorganismos, la flora y fauna del suelo y los animales.
- Aumentar o mantener la fertilidad de los suelos.
- Emplear al máximo los recursos renovables y locales.
- Trabajar todo lo posible dentro de un sistema cerrado con relación a la materia orgánica y los nutrientes minerales.
- Evitar las formas de contaminación que puedan resultar de las técnicas agrarias.
- Mantener la diversidad genética del sistema agrario y de su entorno, incluyendo la protección de los habitantes de plantas y animales silvestres.
- Evitar al máximo posible todas las formas de contaminación derivadas de las técnicas agrarias, evitando incorporar a los alimentos sustancias o residuos que resulten perjudiciales para la salud o mermen su capacidad alimenticia.
- Permitir que los agricultores obtengan unos ingresos satisfactorios y realicen un trabajo gratificante para un entorno laboral saludable.
- Favorecer la interrelación productor-consumidor.

La fertilización en los cultivos ecológicos está regida por la normativa europea, actualmente, el Reglamento (CE) nº 834/2007 del Consejo de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y establece que, tanto la fertilidad como la actividad biológica del suelo, deberán ser mantenidas o incrementadas mediante el cultivo de leguminosas, abonos verdes o plantas



de enraizamiento profundo y la incorporación al terreno de abonos orgánicos obtenidos de residuos procedentes de actividades, cuya producción se atenga a las normas de dicho Reglamento. Además se pueden aplicar, siempre que esté autorizado por el organismo de control, oligoelementos. Por tanto, la fertilización de los cultivos ecológicos se basa en:

- Aprovechar y mantener la fertilidad natural del suelo mediante la selección de cultivos, rotaciones y asociaciones.
- Aportar residuos orgánicos y abono verde.
- Potenciar los organismos benéficos como micorrizas y fijadores de nitrógeno, para mejorar la asimilación de nutrientes como el nitrógeno o el fósforo.
- Corregir los desequilibrios con aportes minerales (oligoelementos), pero limitado a aplicaciones puntuales.

En cuanto al control de plagas, hay que destacar que en el cultivo ecológico está totalmente prohibido el uso de plaguicidas de síntesis, pudiéndose aplicar como productos fitosanitarios algunas sustancias permitidas como preparados naturales concentrados de ciertas plantas, azufre, feromonas, aceites minerales, repelentes, etc. Los métodos más empleados en el control de plagas son:

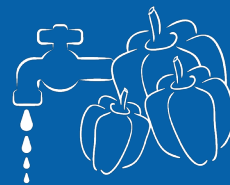
- Plantas cebo y repelentes: Las primeras son algunas especies de plantas que atraen a plagas determinadas, por lo que su uso sirve de método de alerta sobre la posible aparición de una plaga, mientras que las plantas repelentes son especies que poseen sustancias pegajosas, venenosas o que emiten sustancias volátiles que repelen a algunas plagas.
- Métodos físicos: Aplicación de trampas de feromonas, luz y cromotrópicas, corrientes de aire, mallas para insectos y pájaros y retirada de las partes de la planta dañadas por alguna plaga o enfermedad.
- Métodos biológicos: Realizando sueltas de enemigos naturales, es decir, depredadores que combatan las plagas a tratar.

3.3.4.-Investigaciones sobre agricultura ecológica frente a agricultura convencional

El fundamento de toda la agricultura está en el suelo. Un manejo adecuado del mismo incluye la aplicación práctica de los principios edafológicos en relación a su naturaleza y propiedades (Buckman y Brady, 1977). Teniendo en cuenta esta premisa, es de suma importancia analizar las modificaciones que puedan ocasionar en él las agriculturas ecológica y convencional.

En una tierra que no se labra durante muchos años, los residuos de la cosecha permanecen en la superficie de la tierra y producen una capa de cobertura vegetal. Esta capa protege la tierra de la lluvia y el viento, y estabiliza la humedad de la tierra y la temperatura en los estratos superficiales. Así esta zona se convierte en hábitat propicio para diversos organismos, desde grandes insectos hasta hongos y bacterias. Esos organismos maceran el moho, mezclándolos e incorporándolos con la tierra y lo descomponen para que se convierta en humus y contribuya a la estabilización física de la estructura de la tierra. Al mismo tiempo esta materia orgánica de la tierra cumple una función de almacenamiento para el agua y los nutrientes. Lo que se consigue con la agricultura convencional, en la que la mayoría de las operaciones de cultivo están dirigidas a soltar la tierra, es precisamente todo lo contrario. Con el laboreo aumenta el volumen de oxígeno en la tierra, y esto supone la mayor mineralización y la reducción de materia orgánica del suelo que es, al mismo tiempo, el sustrato para la vida del suelo.

La materia orgánica mejora la labranza, fertilidad y productividad del suelo a través del efecto favorable que ejerce sobre sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Gross, 1986; Guerrero, 1993). Aporta nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, como nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, etc., sin ocasionar acumulación de sales. El uso de enmiendas orgánicas se ha asociado



Introducción: El cultivo de pimiento de invernadero

a propiedades deseables del suelo como los aumentos de la capacidad de agua disponible para la planta y de la capacidad de intercambio catiónico (Drinkwater *et al.*, 1995) y la capacidad de humedad del suelo. Aumenta también el poder tampón del suelo, es decir, estabiliza el pH y se incrementa el ratio de infiltración de agua debido a un aumento de los agregados del suelo (Stamatiadis *et al.*, 1999).

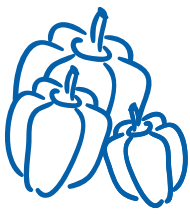
Se han realizado muchos estudios para determinar los beneficios que puede causar la aplicación de la materia orgánica frente a la fertilización mineral sobre las propiedades biológicas del suelo (Gunapala y Scow, 1998). En ellos, se ha demostrado que la actividad microbiana es más alta en los cultivos con enmiendas orgánicas que en los fertilizados químicamente (Drinkwater *et al.*, 1995). También que activa biológicamente el suelo, al incorporar ácidos orgánicos y alcoholes durante su descomposición, sirviendo éstos de fuente de carbono a los microorganismos. Muchos de estos microorganismos producen antibióticos que protegen las plantas de enfermedades, contribuyendo a la sanidad vegetal (Coronado, 2004).

Los estudios anteriores revelan que la agricultura ecológica favorece la calidad del suelo agrícola, pero sin embargo se sabe que, en este tipo de cultivos, el nitrógeno es un factor limitante del crecimiento de la planta. Insuficientes aportaciones de nitrógeno reducen el área de las hojas del cultivo (van Delben, 2001), disminuyen la concentración de clorofila en hoja (Baghour *et al.*, 2000), disminuyen la fotosíntesis, el desarrollo y la biomasa (Lu *et al.*, 2001) y, por lo tanto, disminuyen también la producción. Además, una deficiencia en nitrógeno altera el carbono de las hojas, ocasionando dos efectos principalmente; por un lado, se acumula almidón (Rufy *et al.*, 1988) y por otro, se incrementa la translocación de asimilados desde las hojas a las raíces, aumentando en estas últimas la concentración de asimilados (Ingestad, 1979).

Por otro lado, una adecuada fertilización nitrogenada en forma de nitrato, incrementa la cantidad y la actividad de la enzima nitrato reductasa, lo que confiere una mayor capacidad para sintetizar aminoácidos y proteínas (Barneix y Causin, 1996). Al igual que una deficiencia de nitrógeno produce efectos negativos en el cultivo de pimiento, un exceso de fertilización nitrogenada estimula el crecimiento vegetativo de la planta en detrimento de los órganos reproductores (Aliyu, 2000), disminuyendo el número de frutos y consecuentemente, la producción (O'Sullivan, 1979). Sin embargo, se cree conveniente añadir un aporte suplementario de nitrógeno y fósforo para optimizar la producción de la mayoría de los cultivos, incluido el pimiento (Aliyu, 2000). Aunque según algunos autores la fertilización nitrogenada no influye en la floración y fructificación del pimiento, sí que afecta al fruto ya formado y a la producción total de frutos comerciales (Schon *et al.*, 1994).

Uno de los principales inconvenientes de la agricultura ecológica frente a la convencional eran las bajas producciones que se obtenían. Sin embargo, estudios realizados comparando la productividad y la producción entre cultivos fertilizados orgánica y químicamente muestran generalmente, resultados favorables para los tratamientos orgánicos (Ozores-Hampton *et al.*, 1998). Actualmente se cree que la aplicación adecuada de enmiendas (estiércol, compost o biomasa procedente de otros cultivos) con el fin de proveer al cultivo del pimiento de los nutrientes suficientes para obtener una producción óptima es uno de los principales cambios asociados a la agricultura orgánica (Delate *et al.*, 2003).

Otro de los aspectos importantes al comparar la agricultura ecológica con la convencional es la calidad nutricional de los alimentos. Se entiende por calidad los aspectos externos del producto (forma, tamaño, color, textura, dureza, etc.), todos aquellos relacionados con el contenido nutritivo (proteínas, vitaminas, oligoelementos, etc.), con sus características organolépticas (aromas, olores y sabores) y con la ausencia de productos tóxicos o contaminantes (plaguicidas, drogas, etc.).



Los abonos químicos, dependiendo de su naturaleza, pueden alterar en mayor o menor medida la calidad de los alimentos. La fertilización nitrogenada es la que causa más efectos negativos y según Romera (2004) disminuye el contenido de ácidos esenciales en las proteínas, con un incremento de la proteína bruta debido al aumento del nitrógeno no proteico y de aminoácidos no esenciales; disminuye el contenido de oligoelementos por descuidar su aporte o por los efectos antagónicos del nitrógeno y los microelementos; se reduce el contenido de materia seca por aumento de la cantidad de agua en el protoplasma celular. Con los abonos potásicos se reduce el contenido de magnesio y también el de oligoelementos y con los abonos fosfatados la reducción del ácido ascórbico es la más significativa.

Las diferencias encontradas en el contenido de nutrientes en frutos procedentes de cultivos orgánicos y convencionales, pueden ser debidas a las diferencias en el contenido en agua entre ellos (Worthington, 1998). En los cultivos convencionales hay más contenido en agua, lo que podría diluir los nutrientes (Knorr y Vogtmann, 1983). Las diferencias encontradas en algunos componentes nutricionales de cultivos producidos con sistemas orgánicos frente a convencionales son: mayor contenido de materia seca, azúcares, ácido ascórbico, calcio, fósforo, magnesio, potasio, cobre, hierro y manganeso en cultivos orgánicos y mayor cantidad de aminoácidos libres, sodio y nitratos en cultivos convencionales. Además, el contenido en vitaminas, minerales y elementos traza es, en general, superior en los alimentos ecológicos (Magkos *et al.*, 2003).

Se ha demostrado que los vegetales aportan hasta el 85% de los nitratos y hasta el 43% de los nitritos que se ingieren a través de la dieta diaria (Gangolli *et al.*, 1994). Esta ingesta de nitratos y nitritos en la dieta puede producir enfermedades graves e incluso mortales, como por ejemplo, la metahemoglobinemia infantil, comúnmente conocida como “la enfermedad de los bebés azules” (Comly, 1945) que se produce porque el nitrato se reduce a nitrito y éste transforma la oxihemoglobina a metahemoglobina, que es inactiva y no transporta oxígeno. También ha sido relacionada con el desarrollo de algunos tipos de cáncer en humanos, ya que el nitrato al reducirse a nitrito puede reaccionar con distintas sustancias produciendo nitrosaminas, que son sustancias cancerígenas (Hernando, 1989) y con algunas enfermedades como el bocio y enfermedades cardíacas. Por tanto, los tejidos vegetales con elevada presencia de nitratos no son recomendables en la dieta humana, no debiendo destinarse a niños de corta edad (Arce *et al.*, 1993).

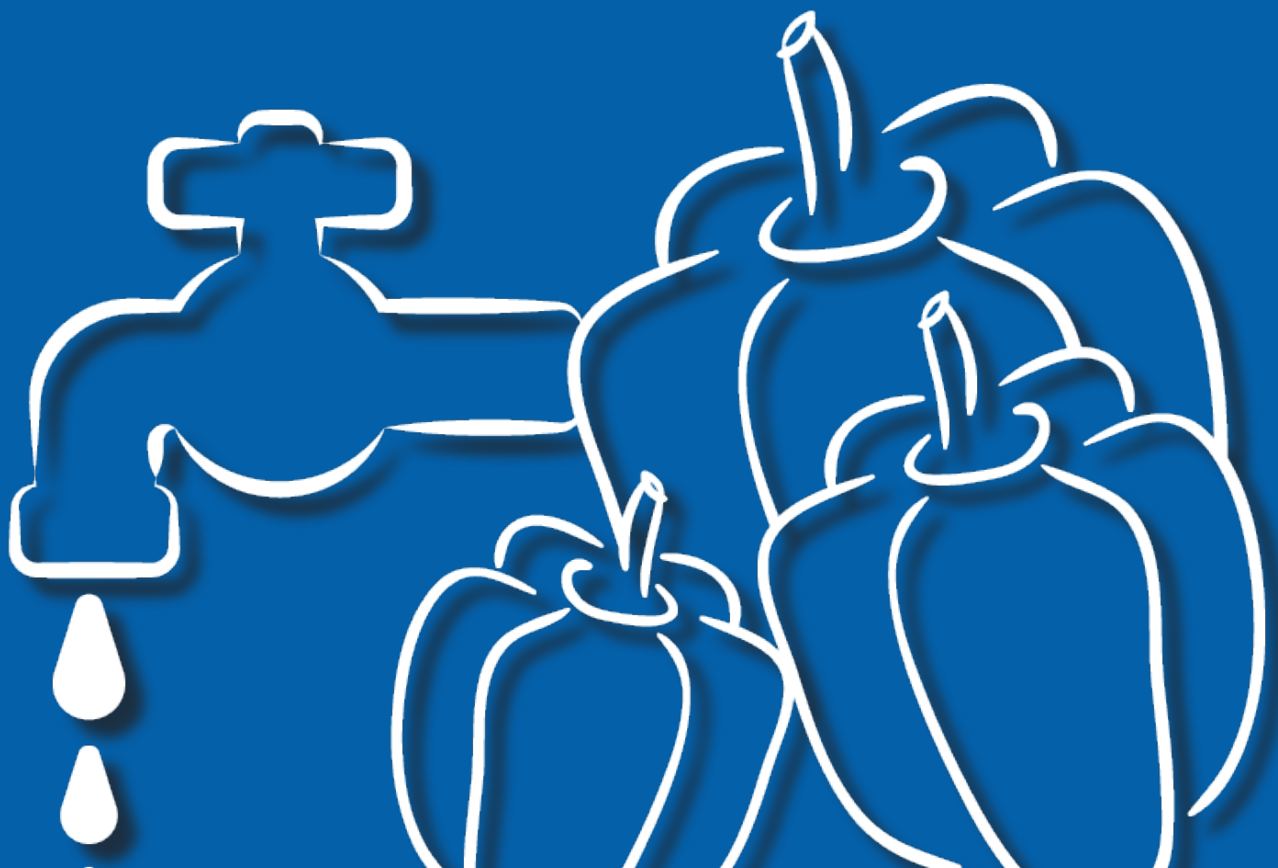
La presencia de nitratos en hortalizas de producción ecológica y convencional ha sido estudiada en la Estación Experimental Agraria de Carcaixent, para comprobar si los métodos de producción ecológica dan lugar a la reducción de nitratos en los productos agrarios. Se comprobó que la acumulación de nitratos se produce según el tipo de planta y las condiciones de cultivo, siendo de los factores climáticos el más importante la radiación luminosa, ya que su reducción disminuye la fotosíntesis y favorece la acumulación de nitratos en el material vegetal; pero que también una fertilización ecológica equilibrada consigue cultivos hortícolas con menor contenido de nitratos que en una fertilización mineral (Raigón *et al.*, 2003).

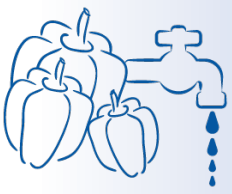
Los plaguicidas sintéticos son también desechados por los agricultores orgánicos debido a los efectos negativos que ocasionan los residuos de éstos en los alimentos humanos y animales. Muchos de estos productos químicos están clasificados como posibles agentes cancerígenos por la Agencia de Protección Medioambiental (Council on Scientific Affairs, 1988) o son conocidos como neurotoxinas (National Research Council, 1993) o causantes de trastornos endocrinos.

A pesar del hecho de que algunos estudios están anticuados y no realizados según las técnicas científicas actuales, las evidencias llevan a poder afirmar que los alimentos orgánicos son más saludables que aquellos procedentes de la agricultura química (Worthington, 1998).

Capítulo 4

Materiales y métodos





Este capítulo tiene tres partes bien definidas, en la primera se describen básicamente las características de aquel conjunto de elementos sobre los que se ha realizado la tesis, el “soporte físico de la investigación”. En la segunda parte se comenta y justifica la elección de los procesos metodológicos que se han seguido en el curso de la investigación, se describen las técnicas empleadas, la terminología adoptada, los métodos adoptados, que intentan mostrar la destreza y capacidad para llevar a cabo la investigación. En la tercera parte se describe cómo se han realizado los muestreos y los parámetros analizados, que servirán de base para los resultados y conclusiones.

4.1.- INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURAS

4.1.1.-Invernadero y dispositivos

Se construyó en 1997 un invernadero en el Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias de Torre-Pacheco (Murcia). Dicho invernadero es de tipo IMACSA, de dos cuerpos, con cobertura de polietileno (PE) y ventilación cenital, de dimensiones externas 12 x 36 m². Consta de dos bloques paralelos, separados por el foso central de recogida de lixiviados. Cada uno de los bloques está dividido en cuatro lixímetros que corresponden a las parcelas elementales de los ensayos.

El invernadero es del tipo multicapilla o multitúnel de dos cuerpos, con cobertura de PE y ventilación cenital, con orientación Noroeste-Sureste, ocupa una superficie de 680 m², siendo las dimensiones de cada módulo 34 m de largo y 10 m de ancho. Posee una altura de 6,2 m bajo cumbre y de 4 m bajo canalón. La entrada al invernadero se realiza mediante una puerta de 3 m de ancho y de 2,5 m de alto.

El invernadero con lixímetros cuenta en su interior con un foso central de recogida de drenaje y 4 lixímetros a cada lado, que son las parcelas elementales.



Foto 8. Invernaderos multitúnel donde se desarrollaron los ensayos de la tesis.

SISTEMA DE CONTROL CLIMÁTICO

Sistema de ventilación

El invernadero cuenta con un sistema de ventilación cenital de cremallera. Este sistema de ventilación está regulado por un controlador en función de la temperatura interna, humedad relativa interna, velocidad del viento, dirección de tiempo y lluvia.

Pantallas

El invernadero está equipado con una pantalla aluminizada (USL 16 F), que actúa como pantalla térmica o de sombreo. Su despliegue, de día, se regula



Foto 9. Aspecto general del invernadero con la pantalla térmica, abonadoras individuales, lixímetros, foso de lixiviados y demás dispositivos preparados para el inicio del cultivo.



por el controlador climático. La pantalla está ubicada a 4 m de altura y el porcentaje de sombreado es del 60%. Se trata de una pantalla porosa, con espacios libres que facilitan la circulación del aire y, a la vez, aporta sombreado, reduciendo la radiación solar que incide sobre el cultivo. De esta forma, permite evitar problemas de quemaduras y calor excesivo cuando la radiación global es elevada.



Foto 10. Nebulizador de baja presión (fog system), detalle de la boquilla de mezcla.

Sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración utiliza la técnica de enfriamiento por evaporación mediante nebulizadores de baja presión (Fog System). En este sistema se utiliza agua y aire a presión para fragmentar el agua en una cámara de mezcla con boquilla. Se ha colocado una boquilla por m² de invernadero. El sistema interviene cuando la humedad relativa del aire es inferior al 50%.

APARATOS Y DISPOSITIVOS Y OBJETIVO DE SU UTILIZACIÓN.

Se contó con los siguientes aparatos y dispositivos específicos para los ensayos, cuya instalación se realizó previamente o a la vez que se inició el cultivo, teniendo cada uno de ellos un objetivo de estudio:

-Llaves y depósitos de recogida de drenajes en ocho parcelas lisimétricas de unos 50 m² de superficie cada una y un metro de profundidad. Se ha utilizado para demostrar la hipótesis de que se pierde bastante agua por lixiviación en el cultivo de pimiento de invernadero.

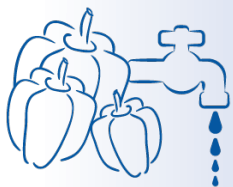
-Instalación de sistema de medida de la humedad gravimétrica por TDR, colocación de estación en el interior del invernadero y seis sondas a dos profundidades, con su correspondiente software. Se ha utilizado para demostrar la hipótesis de la presencia de excesiva humedad en capas más profundas del perfil del suelo, aún estando seca la superficie.

-Instalación de cubeta evaporimétrica tipo A dentro del invernadero, que sirve para la medida directa de la Epan y el cálculo del riego por el método de la FAO y de otra fuera del invernadero. Se han utilizado para demostrar la hipótesis que los datos derivados de estaciones fuera del invernadero están sobrevalorados (actúa el efecto del viento) y por ello al considerarlos en pimiento de invernadero se riega en exceso.

-Instalación de sensores de humedad y temperatura tipo Datalogger (más complejo, que incluye radiación) y tipo Hobo (más sencillo), con su correspondiente software. Se han utilizado para comprobar que es posible programar el riego por radiación en el cultivo de pimiento de invernadero y la importancia de controlar los factores climáticos dentro del invernadero para tratar de reducir el efecto del frío, los golpes de sol, etc. mediante la pantalla térmica, las ventilaciones, el blanqueo del invernadero...

-Colocación de sondas de drenaje para el control del abonado en función de la conductividad de las sondas a distintas profundidades. Se han utilizado para demostrar lo fiable y sencillo del empleo de esta técnica, ya que se puede analizar con un simple conductímetro de bolsillo.

-Empleo de lucha biológica: Orius, Amblyseius, Eretmocerus... Pretendía demostrar que se puede conseguir un buen estado fitosanitario en este cultivo en comparación con las parcelas en las que se emplea lucha química.



-Aparatos para la comprobación del estado vegetativo y de los frutos en parcelas con distintas dosis de abonado mineral (cámara de presión). Se han utilizado para demostrar la hipótesis de que una importante reducción del abonado puede no ir en detrimento de la cantidad y calidad de la cosecha, sino sólo en detrimento de la vegetación.

- Instalación de las tuberías portagoteros y goteros y de baterías de tensiómetros. Pretendía demostrar cómo se realiza una instalación de manera adecuada para distribuir uniformemente el riego, disponer de la frecuencia correcta y reducir las pérdidas.

Para la preparación de las muestras y la realización de las determinaciones analíticas, se ha dispuesto del laboratorio del grupo de Calidad y Seguridad Alimentaria (I.M.I.D.A.). Dicho laboratorio está preparado para todas las determinaciones analíticas que requieren los proyectos.

Equipos de que se ha dispuesto para el desarrollo de la tesis:

- Balanza analítica Sartorius CP 324 S con una precisión de 0,0001g.
- Granatario Mettler Toledo PG 6002-S, con una precisión de 0,01g.
- Colorímetro Minolta CR-300.
- pHmetro Crison GLP 21
- Refractómetro Atago 0-32% N-1E.
- Cromatógrafo de líquidos (HPLC) Hewlett Packard 1100, provisto de un detector DAD.
- Espectrofotómetro VIS/UV Unicam UV-2.
- Electroforesis capilar Watters Capillary Ion Analyzer.
- Espectrómetro de Emisión Atómica por Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP) Varian Vista.
- Liofilizador Christ Beta 1-16.
- Homogeneizador Polytron PT 3100.
- Evaporador de muestras Techne con corriente de N₂.
- Bloque digestor con programador Selecta y estufa de desecación Selecta, de 260 L de capacidad.
- Frigoríficos y congeladores de -30 °C y -70 °C.
- Cromatógrafo iónico para la determinación de aniones en material vegetal, suelos y lixiviados.
- Estufa de secado con control por microprocesador para secado de muestras y material de laboratorio.
- Digestor de 40 plazas para la realización de los análisis de composición mineral de las muestras recogidas.
- Sistema de liofilización para preparación de las muestras de fruto para su posterior análisis.
- Cámaras frigoríficas y congeladores para conservar las muestras.
- Autoclave, para la esterilización de los utensilios y medios de cultivo a utilizar.

4.1.2.-Lixímetros de drenaje, suelos y aguas

LIXÍMETROS DE DRENAJE.

El conjunto de ocho lixímetros bajo invernadero es la estructura fundamental del proyecto. Se distribuyen en dos series de cuatro unidades, cada una de ellas ocupa la mitad del invernadero; en el centro, a todo lo largo, hay dos zanjas de 1 m de anchura y 1 m de profundidad, a las que vierten las aguas de la serie adyacente de lixímetros, vertido que tiene lugar a través de válvulas seguidas de contadores de molinillo. Los lixímetros tienen forma prismática, de sección cuadrangular cuya base superior, horizontal, mide 7,80 m de largo por 6,65 m de ancho. Su profundidad varía entre 0,7 m en la parte del lateral del invernadero y 0,8 m junto a la zanja central, lo que asegura inclinación suficiente para que puedan verter los flujos lixiviados a través de las válvulas situadas en el fondo de los lixímetros. Están completamente impermeabilizados, la solera es de hormigón con paredes laterales de mampostería enlucidas con mortero de cemento y recubiertas mediante un film plástico con pendiente hacia uno de los colectores principales, situados en el foso central del invernadero, espesor 1,1 mm, colocado en todo su perímetro interno, que los



aísla completamente salvo en el punto de vertido donde va instalada la válvula. En el fondo de cada uno de estos recipientes se colocó tubería corrugada de material plástico, de 0,1 m de diámetro, cubierta de grava, para facilitar el drenaje.

Cada lixímetro forma un cubo con paredes laterales de mampostería enlucidas con mortero de cemento y recubierto con un film de polietileno de 1,1 mm de espesor, colocado en todo su perímetro interno, que evita las pérdidas de agua por filtración a través del cemento, como se observa en las fotografía nº 11 y 12. En el fondo de cada uno de ellos hay una tubería de polietileno corrugado, de 100 mm de diámetro, cubierta de grava, que es la que conduce los lixiviados hasta el exterior. En el foso se encuentran, a 100 cm de profundidad, las salidas de las tuberías de las distintas parcelas, provistas de llaves de paso individuales con un contador, para medir los volúmenes lixiviados en cada una de las parcelas, con un caudal nominal de 1'5 m³/h.



Foto 11. Detalle del film de impermeabilización de los lixímetros y tubería corrugada de salida de drenajes.



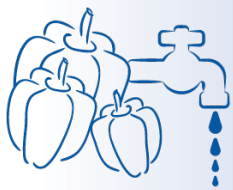
Foto 12. Detalle de la impermeabilización de los lixímetros y tuberías de drenaje hacia el foso de recogida de lixiviados.

Cada uno de los lixímetros está servido por un pequeño cabezal provisto de válvula volumétrica de 1", y tanque de abonado; el agua se distribuye mediante una tubería secundaria que abastece a siete líneas portagoteros con 19 emisores interlíneas de 4 l/h, separados 0,4 metros entre sí. Por tanto, en cada lixímetro riegan 133 goteros.

Los lixímetros se llenaron en una primera capa de arena y posteriormente con el propio suelo excavado de cultivo, procurando ordenar los horizontes conforme a la distribución existente al momento de la excavación, operación ésta que se realizó en los últimos meses de 1997, tras lo cual se han llevado a cabo ocho cultivos de pimiento grueso desde el año 1999 y hasta la finalización de los ensayos de la tesis en 2007. Este tipo de suelo (franco-arcilloso, profundo y bien drenado) es el más adecuado para el cultivo de pimiento bajo invernadero y además el más común en los invernaderos de la Comarca, lo que da mayor generalidad al ensayo (I.T.G.E., 1996).



Foto 13. Aspecto del relleno de los lixímetros: cubierta impermeable y grava para facilitar el drenaje, año 1999.



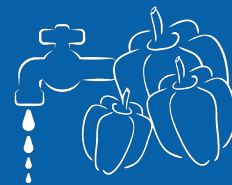
SUELOS.

Los análisis del suelo de cada una de las ocho parcelas liximétricas se detallan en el Anexo XII, donde se da el valor de los parámetros reflejados en la tabla n° 14. Las muestras de suelo se tomaron a una profundidad de 0-20 cm y fueron analizadas en un laboratorio agrícola.

PROPIEDADES FÍSICAS	Densidad aparente (g/cm ³)
	pH
	Color
	Peso agua / peso suelo
SALINIDAD	C. E. (mmho/cm)
	Cloruros (meq/l)
	Sulfatos (meq/l)
	Sodio soluble (meq/l)
	S.A.R. (Relac. Absorción Sodio).
	Bicarbonatos (meq/l)
FERTILIDAD	Nitrógeno (orgánico más amoniacal) (%)
	Nitratos (ppm).
	Fosfatos (mg/l)
	Fósforo asimilable (ppm)
	Potasio soluble (meq/l)
	Calcio soluble (meq/l)
	Magnesio soluble (meq/l)
	Materia orgánica (%)
Relación Carbono/Nitrógeno	
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	Capacidad de cambio (meq/100g)
	Calcio de cambio (meq/100g)
	Magnesio de cambio (meq/100g)
	Potasio de cambio (meq/100g)
	Sodio de cambio (meq/100g)
	% de saturación de Sodio.
MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES	Hierro asimilable (ppm)
	Boro asimilable (ppm)
	Manganeso asimilable (ppm)
	Cobre asimilable (ppm)
	Zinc asimilable (ppm)
	Caliza total (%)
	Caliza activa (%)

Tabla 14. Parámetros determinados en el análisis inicial de suelos de los lixímetros.

Los suelos que se disponían en el invernadero son los típicos del Campo de Cartagena, caracterizados por tener una textura franco-arcillosa, con un alto contenido en materia orgánica y muy adecuados para el cultivo. Estos suelos tienen gran contenido en carbonato cálcico y debido al riego con agua de pozo en años anteriores, que dada la cercanía del Mar Menor estaba salinizada, la



cantidad de cloro y de sodio también era alta. Se trata de un suelo de textura franco-arcillosa, pH entre 7,5-8, elevada capacidad de intercambio catiónico (CIC) y alto contenido en sales.

Las características medias de estos suelos eran las siguientes:

- Textura arcillosa (>30% de arcilla), lo que implica mayor capacidad de retención de agua y una elevada capacidad de intercambio catiónico.

- pH alcalino (>7,6), lo que indica una óptima disponibilidad de nutrientes como el N, K, S, Ca y Mg y menor disponibilidad de P, Fe, Mn, Zn, Bo y Cu.

- Respecto a la estructura, al ser un suelo alterado por su extracción para construir el lixímetro en 1997, se ha tratado de aumentar la estabilidad de los agregados añadiendo materia orgánica, evitando abonos con sodio que disperse los coloides, evitando laboreo con falta de tempero y tratando de no dar riegos abundantes.

- Para la media de las muestras de suelo, la relación Ca/Mg estaba entre 1,5 y 2 y la relación K/Mg alrededor de 0,2, lo que indicaba que no iba a haber carencias de Mg por efecto antagonico del Ca o K.

- En lo que se refiere a la cal, el contenido óptimo de caliza total en un suelo arcilloso está entre el 10 y 20% y en los suelos del ensayo este ronda el 38%. No obstante por su efecto favorable sobre la estructura del suelo y su alta demanda por el pimiento abonó con nitrato cálcico.

- El contenido de materia orgánica medio estaba al principio de los cultivos en torno al 2% en los perfiles del lixímetro, lo que es algo bajo para tratarse de un suelo arcilloso. Da lugar a una relación C/N en torno a 9, que está por debajo de lo normal y puede suponer excesiva liberación de N. La materia orgánica aportada trata de compensar las pérdidas de humus. Tras varios años de cultivo de pimiento, el contenido de materia orgánica en el suelo subió en torno al 3% en la capa superficial.

- En lo que se refiere a la conductividad eléctrica, ésta era algo mayor en los horizontes superficiales, donde variaba de 4,5 a 7,5 mmho/cm, que en los horizontes profundos, donde iba de 2,5 a 5, lo que se debe a la mayor concentración de sales en superficie por los abonos y el agua de riego. Según esto se puede clasificar el suelo como ligeramente salino, pudiendo producirse para el cultivo una reducción del 25% en los rendimientos en estas condiciones. No obstante, como la CE del agua de riego es baja (1 mmho/cm) y se trata de riego localizado de alta frecuencia, no se cree que la salinidad del suelo haya afectado significativamente a la producción.

- La cantidad de N en el suelo estaba en torno al 0,15%, lo que se sitúa dentro de los intervalos normales para este tipo de suelos. Para un contenido de materia orgánica del 2% y más del 20% de caliza, se estimó una aportación de N por la materia orgánica del suelo de unos 25 kg/ha (2,5 g/m²), a los que habría que añadir el aportado por el estiércol del año.

- El nivel medio de P en el suelo presentaba variabilidad en las distintas muestras, estando entre 60 y 150 ppm, lo que se consideró muy alto, por lo que no se consideró conveniente aumentar las dosis de abonado fosfatado. El nivel de K en el suelo es normal.

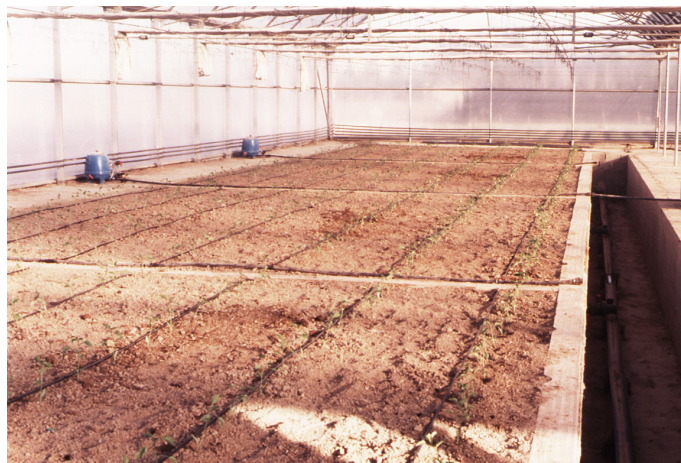
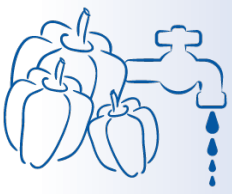


Foto 14. Aspecto de los suelos del ensayo antes de la plantación, diciembre de 2000.



Para todos los años, el ensayo se planteó sobre el mismo tipo de suelo, por tratarse de una instalación de elevado coste (8 lixímetros bajo invernadero) y no ser posible ampliar a otros suelos. Se trata de un suelo representativo de los usados para este cultivo en la Comarca, ya que es el tipo de suelo más generalizado de los empleados en el cultivo de pimiento: franco-arcilloso, profundo, en torno al 2% de m.o. y cultivado desde hace bastantes años. El suelo se encuentra bien descrito, con más de 100 análisis de textura, residuos, estructura y propiedades a tres profundidades a lo largo de los años de duración de los ensayos.

En las siguientes figuras se representa gráficamente la textura determinada para cada uno de los lixímetros, reflejando el porcentaje de arena, limo y arcilla. En todos los casos ha resultado una textura arcillosa, sin diferencias significativas entre los lixímetros, siendo las porciones limo y arcilla las

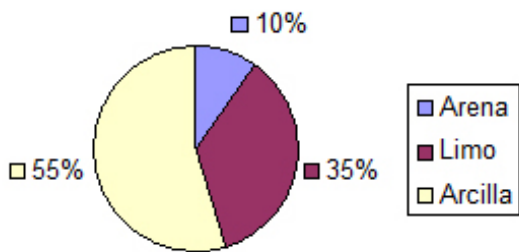


Figura 13. Textura del lixímetro 1.

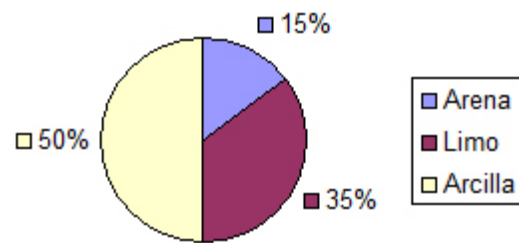


Figura 14. Textura del lixímetro 2.

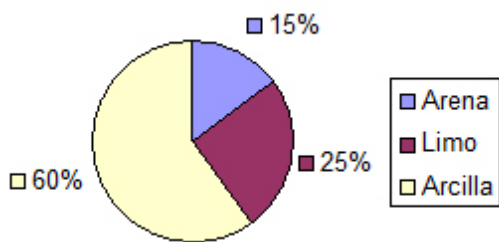


Figura 15. Textura del lixímetro 3.

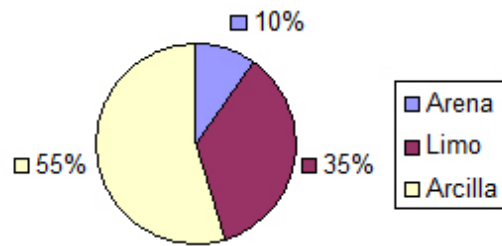


Figura 16. Textura del lixímetro 4.

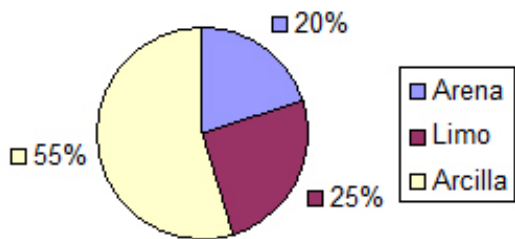


Figura 17. Textura del lixímetro 5.

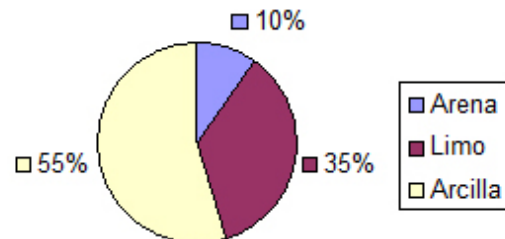


Figura 18. Textura del lixímetro 6.

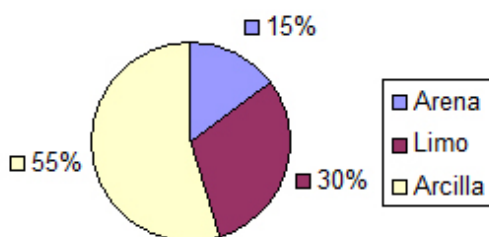


Figura 19. Textura del lixímetro 7.

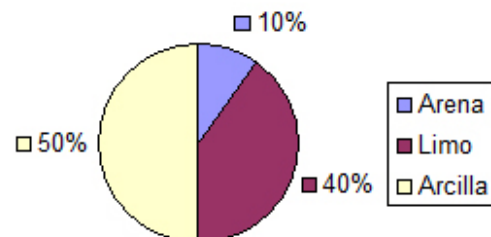


Figura 20. Textura del lixímetro 8.



En la siguiente tabla se comparan los datos medios de los análisis de suelos del lixímetro, anteriores y posteriores al cultivo, en las campañas 1999-2000 y 2000-2001 con un suelo cercano al invernadero, típico de la comarca y a tres profundidades (20, 40 y 60 centímetros):

MEDIAS/PERFIL	Precultivo 99-00	Postcultivo 99-00	Precultivo 00-01	Postcultivo 00-01	Suelo próximo
Arcilla 20	56,5	49	57,5	51,25	70
Limo 20	28,75	33	23,12	26,25	20
Arena 20	14,75	18	19,37	22,5	10
% m.o. 20 cm	3,08	3,40	3,76	3,00	1,17
Nitrato meq/100 g	1,13	0,63	1,34	0,47	0,22
pH 20	7,61	7,44	7,58	7,75	7,55
N % 20 cm	0,19	0,21	0,24	0,20	0,11
Arcilla 40	60,25	54,25	58,75	51,25	70
Limo 40	31	29,25	23,12	27,5	22,5
Arena 40	8,75	16,5	18,12	21,25	7,5
% m.o. 40 cm	1,56	1,82	2,05	1,48	1,57
Nitrato meq/100 g	0,22	0,18	0,51	0,12	0,09
N % 40 cm	0,10	0,12	0,13	0,07	0,11
PH 40	7,76	7,67	7,71	7,91	7,59
Densid apar 40 cm	1,18	1,30	1,32	1,36	1,29
Arcilla 60	60	51,75	64,37	53,12	
Limo 60	30,25	30,25	18,12	26,87	
Arena 60	9,75	16,25	18,25	20	
% m.o. 60 cm	no sig.				
Nitrato meq/100 g	0,17	0,16	0,49	0,18	
% N 60 cm	0,10	0,12	0,12	0,11	
pH 60	7,79	7,6	7,74	7,82	
Densid apar 60 cm	1,17	1,32	1,33	1,34	

Tabla 15. Datos medios de los 4 análisis de suelos y su comparación con un suelo cercano al invernadero.

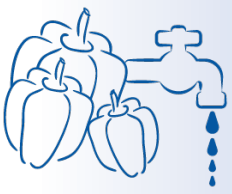
NOTA: meq/100 g = meq/l x relación agua/suelo : 10; ppm = meq/100 g x peso equivalente x 10

AGUA DE RIEGO.

El agua empleada para riego provenía del trasvase Tajo-Segura y presentaba el análisis que se muestra en la tabla nº 16.

Sodio (meq/l)	4'07	Nitratos (mg/l)	0'1
Potasio (meq/l)	0'15	Nitrógeno amoniacal (meq/l)	0'02
Calcio (meq/l)	4'93	Fosfatos (mg/l)	<0'1
Magnesio (meq/l)	4'72	pH	7'95
Cloruros (meq/l)	3'56	C.E. (mmho/cm)	1'24
Sulfatos (meq/l)	8'79	Sales solubles (g/l)	0'9
Carbonatos (meq/l)	0'00	Boro (mg/l)	0'11
Bicarbonatos (meq/l)	1'52		

Tabla 16. Parámetros determinados del análisis de agua de riego.



4.1.3.-Diseños experimentales

El invernadero consta, como se ha dicho, de dos bloques paralelos, separados por el foso central de recogida de lixiviados. Cada uno de los bloques estaba dividido en cuatro lixímetros que corresponden a las parcelas elementales del ensayo. Cada una de las parcelas lisimétricas estaba dotada de una red de goteros interlínea, provista de una válvula volumétrica totalizadora y un tanque de abonado independiente. Las dimensiones de cada parcela elemental eran de 7,60 m de largo por 7,0 m de ancho, formando un cubo con paredes laterales de mampostería enlucidas con mortero de cemento y recubierto con film de polietileno. Cada parcela cuenta con su correspondiente llave de paso y contador y en los colectores, situados a 1 m. de profundidad, se colocaron recipientes para recoger las aguas de percolación. La solera es de hormigón recubierto de polietileno impermeable y con pendiente hacia los colectores, situados en el foso central del invernadero.



Foto 15. Aspecto del foso de recogida de lixiviados, marzo 2006. Se aprecia la separación de las distintas parcelas experimentales por mamparas.

En las campañas durante las cuales se ensayó agricultura convencional, agricultura ecológica y producción integrada, las parcelas estuvieron perfectamente compartimentadas mediante la colocación de mamparas, con el fin de evitar la difusión de plaguicidas. El aspecto del foso y de dichas mamparas se observa en la fotografía nº 15.

En la figura nº 21 se dibuja un croquis que refleja la distribución de los lixímetros o parcelas experimentales dentro del invernadero, que fue constante para todos los cultivos ensayados:

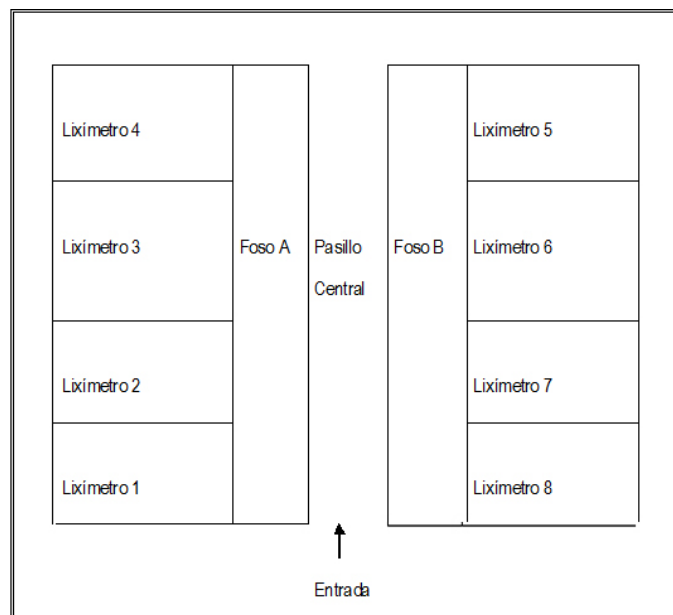


Figura 21. Croquis de distribución de los lixímetros dentro del invernadero y pasillo central.

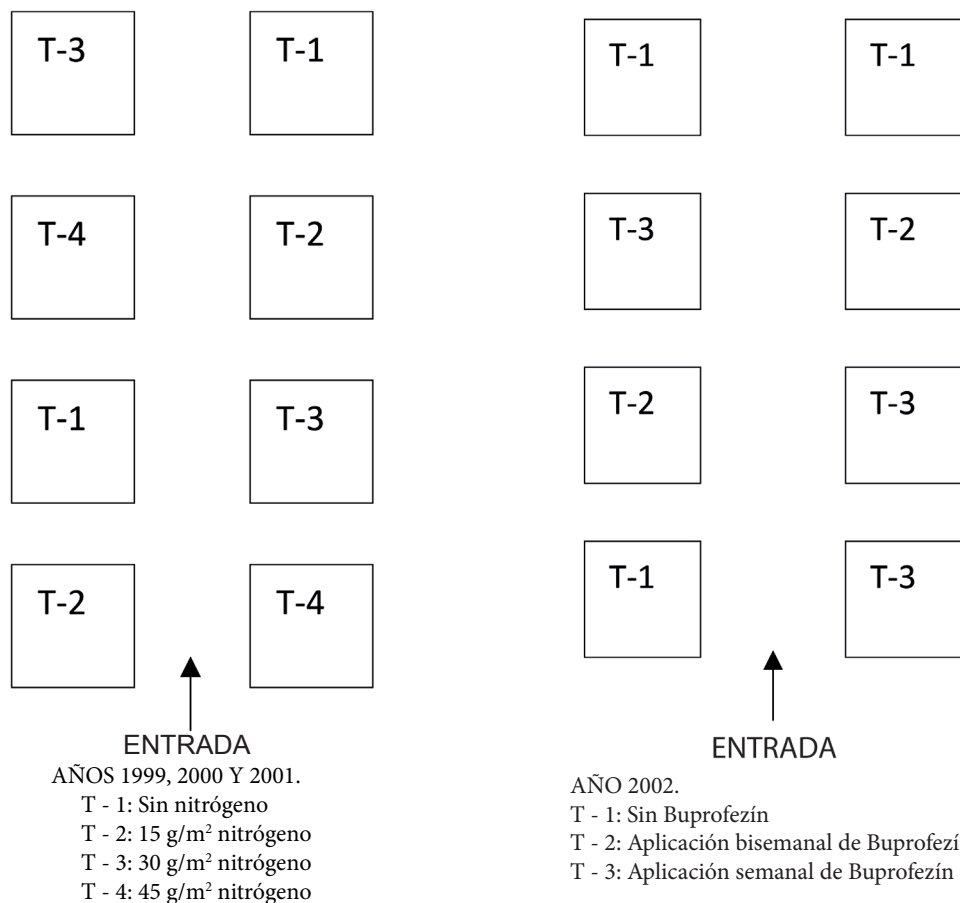


DISEÑO EXPERIMENTAL AÑOS 1999, 2000 Y 2001.

El año de ensayo 1999 se refiere a la campaña 1999-2000, con plantación en diciembre de 1999 y recolecciones durante el año 2000; y lo mismo para los años 2000 y 2001. El ensayo constó durante los años 1999, 2000 y 2001 de los tratamientos de abonado mineral nitrogenado mostrados en la figura correspondiente:

DISEÑO EXPERIMENTAL AÑO 2002.

Durante el año 2002 (campaña de cultivo 2002-2003, plantación realizada en diciembre de 2002), con el fin de homogeneizar las parcelas en cuanto a la aportación de abonado mineral nitrogenado se refiere, se aplicó el mismo abonado a todas las parcelas y se realizó el ensayo del plaguicida Buprofezín aplicado a distinta frecuencia y periodicidad para estudiar la evolución en las plantas, suelo y lixiviados del mismo. Se calculó el abonado mineral nitrogenado a aplicar siguiendo las directrices del Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia, dando una dosis a aplicar de 13 gramos N/m². Se realizaron los tratamientos reflejados en la figura correspondiente.



Las parcelas se cultivaron aplicando los conocimientos de la Producción Integrada en la lucha biológica, a fin de utilizar únicamente un sólo plaguicida en el cultivo para evitar interacciones. La aplicación de un único plaguicida durante el año 2002 se programó para que fuera un “año en blanco” en cuanto a la aplicación de abonado mineral nitrogenado. Se pretendió evitar el uso de otras materias activas y la eliminación de la mayor parte de los residuos preexistentes con vistas a realizar un ensayo de agricultura ecológica, integrada y convencional.

El experimento consistió en ensayar 3 dosis del plaguicida, aplicadas a distinta frecuencia o periodicidad y que permitió estudiar la evolución en el suelo, plantas y lixiviado del mismo, además de la presencia de otros metabolitos de pesticidas en el suelo y lixiviados. Aunque el diseño de 8



4.2.- TÉCNICAS EMPLEADAS EN LOS CULTIVOS DE PIMIENTO DE INVERNADERO

Para este cultivo se eligieron las recomendaciones de Nuez y colaboradores (1996) y las prácticas agrícolas más comunes de la Comarca, ya que la tesis tiene un sentido práctico, siendo uno de los objetivos del proyecto extrapolar los resultados obtenidos a la agricultura de la zona para dar recomendaciones respetuosas con el medio ambiente.

4.2.1.- Manejo del cultivo

Las prácticas culturales que se realizaron a lo largo del desarrollo de los cultivos, con pequeñas variaciones de un año a otro, se especifican a continuación.

PREPARACIÓN DEL TERRENO.

Antes de comenzar la plantación, se preparaban las parcelas para el cultivo del pimiento. Con el fin de evitar la transmisión de plagas y enfermedades al cultivo siguiente, cada año se arrancaban y retiraban las plantas del cultivo anterior, después se daba un pase de cultivador a 30 cm y otro de fresadora a una profundidad de 15-20 cm para romper el horizonte superior endurecido, que reduce la infiltración de agua y favorece la acumulación de sales y el encharcamiento. Posteriormente se incorporaba materia orgánica, consistente en estiércol de oveja bien fermentado, a razón de 1-1,5 kg/m², mediante un pase de cultivador para enterrar el estiércol y otro de fresadora para dejar el terreno mullido para que el agua tenga buena penetración, realizando todas estas operaciones con el terreno a buen grado de humedad.

El terreno se desinfectó por biofumigación en los años 2002, 2004, 2005, 2006 y 2007, enterrando

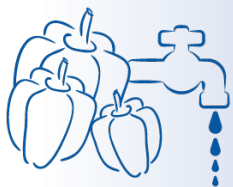
el estiércol, regando abundantemente, colocando un acolchado y manteniendo cerrado el invernadero durante 3 meses (agosto, septiembre y octubre) para conseguir que las elevadas temperaturas y los gases generados redujeran las poblaciones de patógenos. La biofumigación se realizaba extendiendo las mangueras de riego por goteo sobre el terreno bien desmenuzado y cubriendo con un plástico transparente de 200 galgas para proceder a la solarización, aplicando y enterrando estiércol bien fermentado, a razón de 4 kg/



Foto 16. Plástico transparente de 200 galgas para proceder a la biofumigación. Septiembre 2005.

m². Después se regaba abundantemente, se colocaba un acolchado y se cerraba durante tres meses el invernadero para conseguir que las elevadas temperaturas y emisión de gases redujeran las poblaciones de patógenos y la viabilidad de semillas de malas hierbas. La materia orgánica aportada origina productos químicos de descomposición que actúan sobre el control de los patógenos del suelo y aumenta la eficacia de la solarización. Esta biofumigación tiene acción nematicida, fungicida, insecticida y herbicida y hace innecesario el empleo de bromuro de metilo u otros fumigantes químicos que podrían interferir con los plaguicidas del ensayo (Tello y Lacasa, 1997).

Se regaban las parcelas durante unas 10 horas, a una dosis de 100 l/m² y se cerraba herméticamente el invernadero para conseguir temperaturas elevadas, permaneciendo así 70 días, en



que se levantaba el plástico. Una semana antes de levantar el plástico se procedía a abrir las válvulas de los lixímetros, con lo que se drenaba el agua sobrante, permaneciendo unas 24 horas lixiviando.

Tras la desinfección del suelo, se instalaba la red de riego por goteo y se diseñaba la distribución parcelaria. En cada parcela lisimétrica se colocaban 126 plantas distribuidas en siete filas (18 plantas por fila). El marco de plantación adoptado fue de 1 metro entre filas y 0,4 metros entre plantas, con una densidad de cultivo de 25 000 plantas/ha. Cada parcela estaba abastecida por un pequeño cabezal con un tanque de abonado y una tubería secundaria que alimentaba a siete líneas portagoteros. Se colocaba un gotero interlínea de 2 l/h por cada planta.

Se instalaron dos sondas de succión por parcela a 25 y 50 cm respectivamente, que junto con la tubería de salida de drenajes de cada parcela colocada a 100 cm, permitía la recogida de lixiviados a distintas profundidades.

Durante la anualidad 2002, se recubrió el invernadero con un nuevo polietileno de larga duración de 800 galgas, y tras la solarización, se aportaron 3 kg más de estiércol por m² y se dio un nuevo pase de fresadora para dejar el terreno en condiciones para cultivar

Como ejemplo, se detallan aquí las labores de preparación del terreno realizadas en la campaña de cultivo 2001-2002:

- Las plantas del cultivo anterior se arrancaron el 17 de julio de 2001, retirando los restos por ser posibles transmisores de plagas y enfermedades para el cultivo siguiente.
- Con el objeto de romper el horizonte superior endurecido, que reduce la infiltración de agua y favorece la acumulación de sales y el encharcamiento, se dio un pase de fresadora a una profundidad de 25 cm, el 24 de julio de 2001.
- Posteriormente se incorporó materia orgánica, consistente en estiércol de oveja bien fermentado, a razón de 3 kg/m².
- A continuación se dio un pase de cultivador para enterrar el estiércol y otro de fresadora para dejar el terreno mullido para que el agua tuviera buena penetración, realizando todas estas operaciones con el terreno a buen grado de humedad.
- El 27 de julio se extendieron las mangueras de riego por goteo sobre el terreno bien desmenuzado y se cubrió con un plástico transparente de 200 galgas para proceder a la solarización.
- Se regaron las parcelas durante unas 10 horas, a una dosis de 100l/m² y se cerró herméticamente el invernadero para conseguir temperaturas elevadas, permaneciendo así 70 días, hasta el 8 de octubre, en que se levantó el plástico.
- Una semana antes de levantar el plástico se procedió a abrir las válvulas de los lixímetros, con lo que se drenó el agua sobrante, permaneciendo unas 24 horas lixiviando.
- El 16 de diciembre se recubrió el invernadero con un nuevo polietileno de larga duración de 800 galgas, se aportaron 2 kg más de estiércol por m² y se dio un nuevo pase de fresadora para dejar el terreno en condiciones para cultivar.

MATERIAL VEGETAL

En cuanto a la elección de las variedades de pimiento a emplear, se han abarcado las que se cultivan en mayor proporción en su momento y que ha recomendado, por su conocimiento de los agricultores, la Oficina Comarcal Agraria Cartagena-Mar Menor. En las últimas campañas 2005-2006 y 2006-2007, por ejemplo, se propusieron (por abarcar un 45% de la superficie de cultivo en su momento) el primer año 'Quito' (25% del cultivo tipo 'California') y el segundo año 'Almudén' (20%



del cultivo del tipo 'Lamuyo'). Con esto se consiguió dar a los ensayos más generalidad, al conocer la influencia en las variedades de cultivo más frecuente entre los agricultores en los procesos ensayados. Las plantas fueron suministradas todas las campañas por un semillero comercial, en cepellón con sustrato de turba y vermiculita.

La preferencia en el empleo de lucha biológica en el cultivo por las características del ensayo en las varias anualidades hizo recomendable utilizar variedades resistentes a las virosis, que es el principal problema sanitario de los cultivos actualmente. Los primeros años de ensayos se empleó pimiento tipo 'Lamuyo' y posteriormente, por su mayor resistencia genética a las virosis, por suponer ya el 60% del pimiento (*Capsicum annum L.*) bajo invernadero cultivado en el Campo de Cartagena y por su buena y creciente aceptación para la exportación, los tipos 'California'.

Los ensayos de campo que sirven de base para la tesis abarcan un total de 8 campañas de cultivos, desde la plantación de diciembre de 1999 (campaña 1999-2000) hasta la plantación de diciembre de 2006 (campaña 2006-2007). Se eligieron las siguientes variedades, con fecha de plantación en diciembre de cada año reseñado:

- Tipo 'Lamuyo', cultivar 'Herminio' los años 1999, 2000 y 2001.
- Tipo 'California', cultivar 'Ribera' (foto 17) el año 2002.
- Tipo "California", cultivar 'Requena' el año 2003.
- Tipo 'California', cultivar 'Cabezo' el año 2004.
- Tipo 'California', cultivar 'Quito' el año 2005.
- Tipo 'Lamuyo', cultivar 'Almudén' el año 2006.

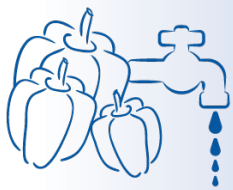


Foto 17. Parcela de pimiento tipo "California", cultivar 'Ribera' Año 2002, campaña 2002-2003.

Se trasplantaron 1.064 plantas de pimiento en todos los años del ensayo y siempre la plantación se realizó en diciembre, excepto el año 2002 (campaña 2002-2003) debido a que el plástico del invernadero se voló y se tuvo que volver a trasplantar en febrero de 2003. Las plantas fueron trasplantadas por segunda vez en el invernadero el día 10 de febrero de 2003 y la aplicación de los diferentes tratamientos se empezó a realizar el día 3 de marzo del mismo año.

En los años de plantación 2002, 2003 y 2004 (campañas 2002-2003, 2003-2004 y 2004-2005), se eligió un pimiento tipo 'California' debido a que era el que más se estaba cultivando en la Comarca, ya que goza de un gran éxito en los mercados del Norte y Centro de Europa, por su mejor clasificación y presentación, colores más uniformes que los tipos largos y mayor consistencia y por tener mayor espesor de la carne. Este tipo corresponde a un pimiento corto, de carne gruesa, para su corte preferentemente en verde.

Los cultivares 'Ribera' y 'Requena' se eligieron por ser vigorosos, por lo que eran convenientes en el caso de no haber calefacción, como ocurría en el ensayo (Vicente Conesa, comunicación personal O.C.A. Cartagena-Mar Menor). Se apuntaba como problema en plantaciones de diciembre sin



calefacción las bajas producciones (5 kg/m^2) ya que en algunos casos, un 50% de la cosecha era destruido: frutos con punta al desarrollar el pistilo por las bajas temperaturas y “galletas” o frutos partenocárpicos que quedan como bolas al principio de la campaña debido a una polinización defectuosa.

En la penúltima campaña (2005-2006), se eligió el pimiento tipo ‘California’, cultivar ‘Quito’ tipo B1 de la clasificación de Pochard (1966) porque esta variedad corresponde a un pimiento corto, de carne gruesa, para su corte preferentemente en verde de bastante éxito comercial en el momento. Para la última campaña de cultivo (2006-2007), con el objetivo de dar mayor generalidad al ensayo se amplió con las variedades de cultivo más comunes en la Comarca del pimiento dulce semilargo del tipo ‘Lamuyo’, con variedades totalmente tolerantes al TSWV, como era ‘Almudén’, variedad en expansión en su momento.

PLANTACIÓN.

Debido a que el polietileno de larga duración colocado en la cubierta del invernadero deja escapar más del 55% de las radiaciones infrarrojas de longitud de onda larga o caloríficas por el efecto de la transmitancia, con el consiguiente enfriamiento del invernadero, que incluso puede dar lugar a problemas de inversión térmica, y teniendo en cuenta que las variedades tipo ‘California’ son más exigentes en temperatura que los tipos ‘Lamuyo’ para vegetar y fructificar, se hizo necesario emplear túneles de semiforzado (años 2002 y 2003 y otras anualidades), ya que en ellos el cuajado cesa cuando desciende la temperatura por debajo de $10\text{-}12 \text{ }^\circ\text{C}$.

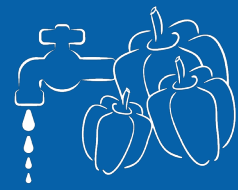
Los túneles semicirculares eran de 90 cm de ancho por 90 de alto, lo que supone un volumen cubierto de $0,45 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de superficie. Se utilizaron arcos de alambre con cubierta de polietileno de baja densidad de 200 galgas, que es la de uso más común para estos túneles. Para evitar la formación de gotas de condensación dentro del microtúnel, que pueden favorecer ataques fúngicos y quitar luz al cultivo, se abrían los túneles por el día cuando la temperatura del exterior no era inferior a $12\text{-}15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Las plantas eran aportadas por semillero, en cepellón de sustrato de turba y vermiculita y se ponían en llano, a un marco de $1 \times 0,40 \text{ m}$, lo que equivale a una densidad de 25 000 plantas/ha. Se trasplantaban todos los años en diciembre, siendo por lo tanto pimiento del ciclo primaveral, que es el más corriente en la zona. Una plantación más precoz hubiera implicado un mayor riesgo de enfermedades (Botrytis) y una más tardía, aunque daría mayor calidad de los frutos, no se suele hacer en la zona porque obtiene peores cotizaciones en el mercado.



Foto 18. Detalle de la distancia de plantación y colocación tensiómetros.

Inmediatamente después del trasplante se daba un riego de plantación abundante, para sellar el contacto del cepellón con la tierra. El abonado y riego posteriores se hacían lo más reducidos posibles



durante la primera fase de desarrollo vegetativo para favorecer el enraizamiento y evitar un exceso de vigor vegetativo.

LABORES CULTURALES.

Se utilizaba la pantalla térmica aluminizada para evitar golpes de sol a mediodía y retener el calor por la noche. Se blanqueaba el invernadero cuando había un exceso de temperatura en el interior del mismo, ya con las flores de las segundas cruces y evitando sombreos excesivos que pudieran favorecer el ahilamiento de las plantas.



Foto 19. Detalle de la colocación de los hilos de entutorado.

El control de malas hierbas es necesario por su facilidad de desarrollo en las condiciones del invernadero y se realizaba por medio de escardas manuales con la hierba pequeña, ya que no emplearon herbicidas.

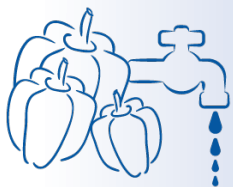
Se realizaba poda de formación, suprimiendo algunas ramas secundarias para tratar de concentrar la producción en dos o tres ramificaciones, lo que favorece la ventilación y calidad de los frutos. No se realizaron despuntes ni limpieza de tallos, ya que no es una práctica

habitual en la Comarca y no parece mermar la producción de la guía principal. Se realizaba entutorado con hilos paralelos a cada lado de la fila de plantas sujetos a una estructura de arquillos metálicos en forma de U invertida cada 2 m, distanciados los hilos 25-30 cm y cada 2 m atándolos a otros verticales que cuelgan de alambres.

La ventilación pretende regular la temperatura y humedad relativa en los invernaderos. Se abrían las ventanas cuando la humedad relativa del invernadero era alta (tras una época de lluvias) o si aparecían focos de enfermedades criptogámicas. Se programó una apertura automática gradual por encima de 20 °C, estando totalmente abiertas las ventanas por encima de los 28 °C para reducir los excesos de temperatura en su interior. Por debajo de 20 °C las ventanas permanecían cerradas evitando que se perdiera el calor almacenado y también en caso de que la velocidad del viento superara los 20 m/s, contando el invernadero con los correspondientes sensores de temperatura y viento.

No se emplearon fitoreguladores por ser una práctica poco común en pimiento grueso bajo invernadero, ya que en el ensayo se trataba de aplicar las técnicas de cultivo más comunes en la Comarca, con la salvedad de la variable de estudio.

Como ejemplo se da en la tabla nº 17 un resumen de las labores culturales realizadas durante la campaña 2001-2002:



FECHAS	LABOR CULTURAL / ACTIVIDAD
17-7-01	Retirada de restos del cultivo anterior
24-7-01	Pase de fresadora e incorporación de materia orgánica
27-7 al 8-10-01	Biofumigación con PE de 200 galgas y riego abundante
26-9-01	Lixiviado del agua de solarización
16-12-01	Nuevo pase de fresadora y estercolado
17-12-01	Plantación y colocación de túneles
17-12-01 al 8-7-02	92 riegos en 27 semanas. Por el método de la FAO con lecturas de cubeta evaporimétrica tipo A
31-10-01 al 8-7-02	15 recogidas de lixiviados, sin contar el de solarización
16-1-02 al 21-6-02	Abonado según el calendario previsto y tratamiento con Buprofezín
7-2-02 al 21-6-02	Lucha biológica, suelta de depredadores y parásitos
2-5/22-5/ 7-6 y 8-7	4 recolecciones de pimiento
10-5 al 28-6-02	6 tratamientos fitosanitarios contra oidio y araña
24-5-01	Encalado del invernadero
9-7-02	Arranque y retirada de restos de cultivo

Tabla 17. Resumen de labores culturales, año de plantación 2001, campaña 2001-2002.

Resumidamente las prácticas culturales que se realizaron en la última anualidad de ensayos (campaña 2006-2007) fueron las siguientes:

- Nivelación y preparación de las parcelas.
- Revisión de los goteros, caudalímetros y presiones de riego.
- Desinfección del suelo. El día antes del trasplante se regó para bajar la CE del suelo y alcanzar la capacidad de campo.
- Colocación del cepellón al marco aconsejable.
- Al 4º día del trasplante tratamiento foliar fungicida e insecticida.
- Regar con agua acidificada para mantener húmedo el cepellón.
- Programación del abonado para todo el ciclo.
- Programación semanal del riego.
- Uso de tensiómetros para establecer los ciclos y frecuencias de riego.
- Despunte para favorecer la floración.
- Mantenimiento del clima adecuado: túneles, ventilación, humidificadores...
- Tratamientos fitosanitarios y lucha biológica. Monitoreo de plagas.
- Introducción de colmenas para polinización.
- Eliminación de frutos deformados.
- Vigilancia de *Oidio*, *Mildiu* y *Botrytis*.
- Control de la producción, recolecciones
- Control de los lixiviados y análisis de nitratos y plaguicidas.
- Limpieza del invernadero y preparación para un nuevo cultivo.



Foto 20. Aspecto del invernadero y sus instalaciones en plena producción en la última campaña de cultivo. Abril de 2007.



4.2.2.-Control fitosanitario y lucha biológica

CONTROL FITOSANITARIO.

Como consecuencia de la ampliación de las épocas de producción con el desarrollo del cultivo bajo invernadero, se ha aumentado el riesgo de aparición de agentes causales de daños y un mayor agravamiento por el carácter polífago de estos agentes, que pueden sobrevivir en el invierno ocultos en las malas hierbas o en otros cultivos. En estas condiciones y debido al elevado valor del producto, que obliga a minimizar los riesgos, algunos agricultores establecen para el cultivo de pimientos un calendario de tratamientos fitosanitarios con el que se aplican medidas periódicas preventivas y curativas para la aparición de las diferentes plagas y enfermedades.

Estos calendarios relacionan la problemática fitosanitaria con las distintas fases del desarrollo vegetativo, como son: semillero, hasta la aparición de las primeras flores, hasta la aparición de los primeros frutos, inicio de la recolección y finalización del cultivo. La periodicidad más común de los tratamientos, diferenciados en las distintas fases, es de 10-12 días, por lo que una duración del ciclo de 230 días puede suponer por término medio 20 tratamientos a lo largo de todo el ciclo del cultivo. Se cita un empleo medio en la Comarca de 20 materias activas distintas por campaña, suponiendo un gasto en torno al 4,25% de los ingresos brutos obtenidos.

Métodos de control alternativos son los culturales, que han sido adecuados para obtener plantas vigorosas que han podido soportar mejor los efectos de los agentes perjudiciales: evitar excesivos riegos o abonados nitrogenados, encharcamientos, presencia de órganos enfermos, etc. Se colocaron en las ventanas cenitales y la puerta de entrada las mallas “anti-trips”, de 14 x 20 hilos/cm², para disminuir la entrada de patógenos. Se eliminaron las malas hierbas para evitar ser refugio de patógenos y se vigiló el estado de los plásticos.



Foto 21. Placa cromotrópica azul para el monitoreo de plagas.

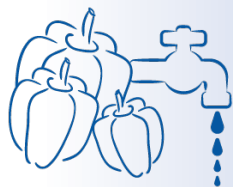
Otros métodos que se han tenido en cuenta son los genéticos (cultivares resistentes), los físicos (biofumigación) y los biotecnológicos, cuyo objetivo es la detección de las plagas y la cuantificación de la importancia relativa de sus poblaciones. Se emplearon trampas cromotrópicas de color azul y amarillo.



Foto 22. Sintomatología del virus de bronceado del tomate (TSWV) en pimiento.

Las plagas detectadas en el invernadero que más efectos negativos han provocado en la planta en los años del ensayo han sido: 1º) la araña roja *Tetranychus urticae* (Koch) que provocaba enrollamiento de hojas a rodales, 2º) el pulgón *Myzus persicae* (Sulzer), 3º) el trips americano *Frankliniella occidentalis* (Pergande) por ser transmisor del virus del bronceado del tomate (TSWV) y 4º) la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gem) que contaba con una población abundante algunos años al final del ciclo. No se han apreciado daños de otros agentes como chinches, insectos de suelo, orugas de

lepidópteros noctuidos como *Heliothis armigera* y *Spodoptera exigua* o nematodos.



Cabe destacar que durante los ocho años del ensayo se han realizado dos tipos de control de plagas, por un lado, los tres primeros años (1999, 2000 y 2001) se estuvo realizando un control exclusivamente por medios químicos, en cambio en los cinco años posteriores (2002, 2003, 2004, 2005 y 2006) se realizó el control de forma diferente, mediante el empleo combinado de lucha biológica y lucha química. Para cada técnica de cultivo se empleó un método de control de plagas y enfermedades, que se puede resumir como sigue:

T1 - Cultivo ecológico

La aplicación de fitosanitarios se realizó cumpliendo las limitaciones del Reglamento 2092/91 de agricultura ecológica, siguiendo las normas del Consejo Regulador de Agricultura Ecológica de la Región de Murcia. Dichas limitaciones permitían exclusivamente la lucha biológica para combatir las plagas y excepcionalmente algún producto natural autorizado.

La lucha biológica que se empleó fue:

- Uso de depredadores naturales para el control de insectos: *Orius* y *Amblyseius* para el control del trips (*Frankliniella occidentalis*), *Aphidoletes* y *Aphidius* para control de pulgones, *Bacillus thuringiensis* para control de noctuidos, *Amblyseius* y *Phytoseiulus* para control de araña roja y *Eretmocerus* para el control de mosca blanca.
- Colocación de trampas con feromonas para control de noctuidos.
- Control de enfermedades (*Botrytis*, Oidio) mediante métodos culturales: vigilancia de los primeros síntomas para evitar su evolución, aplicación de una adecuada ventilación, eliminación de órganos afectados y limitación de los riegos y abonados nitrogenados para el caso de infección por *Botrytis*.
- En caso necesario se aplicaron productos químicos permitidos en la agricultura ecológica: cobre o azufre natural, jabón potásico, aceite de neem y aceites de verano, entre otros.

Durante la campaña 2002-2003, por ejemplo, se emplearon los productos fitosanitarios contra ácaros (aceite) y hongos (azufre), en cada una de las parcelas cultivadas con tratamiento ecológico, que se reflejan en la tabla nº 18, junto con la dosis aplicada en cm³ por litro.

FECHA DEL TRATAMIENTO	ULTRAFINE (ACEITE) (cm ³)	AZUFRE 20% (g)
11-3-03	20	
7-4-03	20	
9-4-03	30	
2-6-03	200	
5-6-03		100
19-6-03	16,6	
24-6-03		100
7-7-03	200	
18-7-03		125
TOTAL	486,6	325

Tabla 18. Productos fitosanitarios contra ácaros (aceite) y hongos (azufre) aplicados en cada una de las parcelas cultivadas con tratamiento ecológico durante la campaña 2002-2003.

En la misma campaña se empleó en lucha biológica el número de envases reflejados en la tabla nº 19, utilizados en las sueltas de depredadores naturales contra pulgones (*Hippodamia convergens* y *Aphidius colemani*), mosca blanca (*Eretmocerus mundus*), araña roja (*Phytoseiulus persimilis*) y trips (*Amblyseius cucumeris* y *Orius laevigatus*) en el tratamiento ecológico: T1 y en el T2 - Cultivo Integrado.



FECHAS	<i>Hippodamia convergens</i>	<i>Eretmocerus mundus</i>	<i>Phytoseiulus persimilis</i>	<i>Orius laevigatus</i>	<i>Aphidius colemani</i>	<i>Amblyseius cucumeris</i>
31-3-03		1			1	200
7-4-03					1	
14-4-03				1	1	
21-4-03	2			2	2	
5-5-03		1				
12-5-03			1			
19-5-03		1				
26-5-03			1			
9-6-03			2	1		
16-6-03			2			
23-6-03		1				
7-7-03		1				
TOTAL	2	5	6	4	5	200

Tabla 19. Calendario de suelta de auxiliares en la campaña 2002-2003.

T2 - Cultivo Integrado

En las parcelas en Producción Integrada se siguió una metodología respetando las Normas Técnicas recomendadas por la Dirección General de Agricultura e Industrias Agrarias (B.O.R.M. 9-5-2002), que son de obligado cumplimiento para todos los agricultores de la Región que se acojan a este tipo de producción.

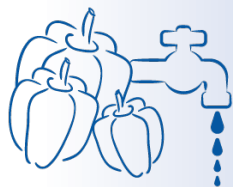
Parte de las plagas se controlaron con lucha biológica (siguiendo la aplicada en T-1) y con la lucha química requerida, empleándose los siguientes fitosanitarios, que se encuentran entre los de uso más común por los agricultores de la zona:

- Insecticidas: Formetanato (trips), Buprofezín (mosca blanca), Jabón potásico (pulgón), Piriproxifén (mosca blanca), *Bacillus thuringiensis* (orugas).
- Acaricidas: Abamectina (araña roja) y aceite de verano (araña).
- Fungicidas: Azufre mojable (oidio), Ciproconazol (oidio) y productos cúpricos (mildiu).

Durante la campaña 2002-2003, por ejemplo, se emplearon los productos fitosanitarios contra ácaros (aceite), hongos (azufre) y mosca blanca (Buprofezín) en el tratamiento integrado, en cada una de las parcelas cultivadas, que se reflejan en la tabla nº 20, junto con la dosis aplicada en cm³ o g por líxímetro.

FECHA DEL TRATAMIENTO	ULTRAFINE (ACEITE) (cm ³)	APPLAUD 25% (BUPROFEZÍN) (g)	AZUFRE 20% (g)
11-3-03	20		
18-3-03	20		
7-4-03	20		
9-4-03	30		
12-5-03		8,3	
16-5-03			50
2-6-03	200		
5-6-03			100
19-6-03	20	16	
24-6-03			100
7-7-03	200		
18-7-03			125
TOTAL POR PARCELA	523,4	24,3	375

Tabla 20. Productos fitosanitarios contra ácaros (aceite), mosca blanca (Buprofezín) y hongos (azufre) aplicados en cada una de las parcelas cultivadas con tratamiento integrado durante la campaña 2002-2003.



T3 - Cultivo convencional

La mayoría de los agricultores establecen para el cultivo del pimiento un calendario de tratamientos fitosanitarios para prevenir y mitigar la aparición de plagas y enfermedades. La periodicidad habitual de los tratamientos en la agricultura convencional, diferenciados en las distintas fases del desarrollo vegetativo, es de 10 a 12 días, por lo que una duración del ciclo de 230 días puede suponer por término medio 20 tratamientos a lo largo de todo el ciclo del cultivo.

Para la lucha química, teniendo en cuenta los patógenos de la zona, se han empleado las siguientes materias activas:

- Insecticidas: Formetanato (trips), Buprofezín (mosca blanca), Malatión (pulgón), Abamectina (mosca blanca), Kresoxim-metil (mosca blanca), Piriproxifén (mosca blanca), Pimetrocina (pulgón negro).
- Acaricidas: Fembutestán, Abamectina (araña roja), Ciromazina (araña).
- Fungicidas: Azufre (oidio), Ciproconazol (oidio), Mancoceb (mildiu y oidio).

La aplicación de los fitosanitarios se realizó mediante mochila en los primeros estadíos de la planta y pulverizador hidroneumático posteriormente, respetando las dosis empleadas en la zona. El control de malas hierbas en los tres sistemas de cultivo, se realizó por métodos mecánicos y manuales.

Uno de los objetivos del establecimiento de estas parcelas en cultivo convencional es demostrar lo que no se debe hacer y que los agricultores puedan comprobar que el uso racional de insumos no va a afectar negativamente a la cantidad y calidad de sus cosechas.

Durante la campaña 2002-2003, por ejemplo, se emplearon en el tratamiento convencional los productos fitosanitarios que se reflejan en la tabla nº 21, junto con las dosis aplicadas en cm³ o g por lixímetro.

FECHA DEL TRATAMIENTO	CONFIDOR 20 % (IMIDACLOPRID) (cm ³)	APPLAUD 25% (BUPROFEZÍN) (g)	ULTRAFINE (ACEITE) (cm ³)	RUFAS (ACRINATRÍN) (g)	AZUFRE 20 % (g)	TEDIÓN- KELTANE (cm ³)
11-3-03	10					
18-3-03		3,3	33,3			
16-4-03				5,3		
30-4-03				8,3		
2-5-03					33,3	
6-5-03						20
9-5-03				10		
12-5-03		8,3				
16-5-03					50	
21-5-03				23,3		
26-5-03		13,3				
30-5-03				14		
2-6-03					100	
6-6-03		16				
18-6-03				20		
19-6-03		16	20			



23-6-03				15		
24-6-03					100	
26-6-03		26,6		26,6		
4-7-03		26,6	333,3			
11-7-03				26,6		66,6
14-7-03		26,6	333,3			
18-7-03					125	
TOTAL POR PARCELA	23	136,7	719,9	149,1	408,3	86,6

Tabla 21. Productos fitosanitarios aplicados en cada una de las parcelas cultivadas con tratamiento convencional durante la campaña 2002-2003.

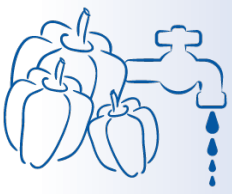
Se puede observar tanto por la variedad de sustancias empleadas como por las dosis y número de tratamientos, la diferencia sustancial existente respecto al tratamiento integrado, en el que no se aplica “por calendario” y de manera preventiva, sino por umbrales de daños.

LUCHA BIOLÓGICA

El principal método de control empleado en los ensayos ha sido el biológico, por varios motivos: por la conveniencia de reducir el empleo de plaguicidas por los residuos en suelo y frutos, por estar en consonancia con los métodos de agricultura en expansión en la zona y por estar dentro de la tendencia de las legislaciones respetuosas con el medio ambiente y ser el tipo de productos que a la larga va a demandar el consumidor. El método tradicional químico para la lucha contra plagas y enfermedades tiene una serie de desventajas, según numerosos autores, ya que algunos productos químicos producen resistencias, modifican y dañan las plantas, desequilibran el ecosistema, dañan a microorganismos y animales beneficiosos del suelo, contaminan las aguas y perjudican al hombre al quedar como residuos en los alimentos.

Como alternativa a la lucha química se empleó en el ensayo para los tratamientos ecológico e integrado, el control biológico o uso de enemigos naturales de las plagas, ya sean depredadores o parasitoides. Se utilizó la estrategia del aumento o liberación de enemigos naturales y su protección y mantenimiento. Los mayores logros en lucha biológica se están consiguiendo mediante la utilización conjunta de enemigos naturales y de plaguicidas aplicados de forma más razonada (lucha integrada). Se planificó una lucha biológica preventiva, en función de las patologías aparecidas en años anteriores y que se centró en las plagas de trips, mosca blanca, araña roja y pulgón. No obstante, en varios años del ensayo, todavía hacia finales de febrero el invernadero estaba asombrosamente limpio de plagas, viéndose únicamente alguna galería de minador (*Liryomiza trifolii*) proveniente de semillero y varios adultos de pudenta (*Nezara viridula*).

El *Frankliniella occidentalis* es de difícil combate con productos químicos, debido a su modo de vida oculto (ninfas en el suelo), a su forma de desarrollo (huevos en tejidos de la planta) y su creciente resistencia a los insecticidas. Se utilizó el ácaro depredador *Amblyseius cucumeris*, que come larvas del trips. Hubo que hacer varias sueltas, ya que no son capaces de reproducirse sólo alimentándose de trips. Se tenía que detectar pronto la plaga (manchas plateadas con excrementos oscuros en las hojas, trips en flores, atrofas de tallo o frutos) y se colocaron cartulinas azul claro con pegamento para su detección. También se usó contra el trips el chinche *Orius laevigatus*, en una fase más avanzada del cultivo.



Se ha observado cómo el empleo conjunto de ambas especies (*Amblyseius cucumeris* y de *Orius spp*) en el control biológico de *F. occidentalis* en cultivos de invernadero ofrece buenos resultados, por sus aspectos complementarios en cuanto al control de los diferentes estadios de *F. occidentalis* en las diferentes fases de cultivo, desde el inicio de la floración. Las dosis de suelta para *O. laevigatus*, pueden ser variables; dependiendo de la situación de riesgo y niveles de plaga. Se atendieron las recomendaciones de la casa comercial, que plantearon dos sueltas de 0,5 individuos/m² en dos semanas consecutivas (criterio preventivo) o dos sueltas de 1 individuo/m² (criterio curativo) (KOPPERT, Guía de Productos 1999).

El sistema de suelta utilizado de *Amblyseius cucumeris* ha sido denominado comúnmente “sobres de liberación controlada”, los cuales suministran gran cantidad de fitoseidos sobre el cultivo durante varias semanas consecutivas (KOPPERT, Guía de Productos 1999). Se limita la utilización de *Amblyseius cucumeris* en nuestra zona, a la primera mitad de la campaña, puesto que a partir de entonces, las condiciones climáticas en el interior de los invernaderos comienzan a dejar de ser las adecuadas para esta especie. En la fotografía nº 23 se aprecia la colocación de uno de estos sobres, en la parte baja del tallo de la planta de pimiento.



Foto 23. Sobres de liberación controlada de *Amblyseius cucumeris* para el control del trips.

Contra larvas de *Bemisia tabaci* se empleó el Buprofezín, aunque al no ser selectivo contra adultos y por la creciente resistencia de la mosca a los productos químicos se combinó con lucha biológica. Ésta consistió básicamente en sueltas de la avispa parásita *Eretmocerus eremicus*, que agujerea con su aguijón las larvas de mosca y las chupa después, llegando a parasitar hasta 50 larvas en toda su vida, en las que deposita un huevo en su interior. Como medidas que se tuvieron en cuenta están: la gran sensibilidad de *Eretmocerus* a productos químicos, la necesidad de detectar a tiempo la presencia de mosca (sacudir las hojas a menudo, bastando 1 mosca en cada 10 plantas para tratar) y colocar placas amarillas impregnadas de pegamento. Las dosis de suelta recomendadas, varían entre 1,5 individuos/m² a 9 individuos/m², con periodicidad quincenal, o semanal (en tres introducciones consecutivas), en función de los niveles de infestación (KOPPERT, Guía de Productos 1999).

La araña roja sólo se observó algunos años en pequeños focos en la zona más soleada del invernadero y en los dos últimos meses de cultivo. Se combatió con los ácaros depredadores *Amblyseius californicus* y *Phytoseiulus persimilis*, que succionan la araña roja y sus huevos. Para que la lucha biológica fuese exitosa se debía detectar a tiempo la araña roja en el envés de las hojas o por los puntitos amarillentos a los que da lugar y que no quedaran residuos de productos químicos al soltar el depredador.

En cuanto a los pulgones fitófagos fueron controlados fácilmente con los tratamientos químicos en años anteriores, si bien al emplear solamente lucha biológica en los últimos ensayos en CE y CI fue mayor su presencia como plaga, con sus efectos negativos conocidos de succionar la savia, taponar los estomas con sus secreciones y transmitir virus. Como depredador se empleó la avispa parásita *Aphidius colemani*, que actúa insertando la hembra un huevo en el interior del pulgón y desarrollándose la larva a costa del individuo parasitado, quedando una “momia”. Se siguieron las recomendaciones de la casa



comercial, que proponían que las sueltas de este parasitoide deben realizarse especialmente cuando el ataque de pulgón está empezando, diseminando el material sobre las hojas o en cajas de aplicación (KOPPERT, Guía de Productos 1999). El año 2003, al final del ciclo, apareció otra especie de pulgón que riza la hoja, el *A. solani*, debiendo realizarse una suelta localizada de mariquitas (*Hippodamia convergens*).

Aun cuando, tanto en la realización de sueltas de auxiliares o en las intervenciones químicas, no siempre se siguieron criterios específicos estando la ejecución de acciones fitosanitarias sujeta a las propuestas de los técnicos de la casa comercial que ha asesorado en las experiencias, éstos siempre respetaron unos umbrales derivados de las propias investigaciones realizadas por la firma a que pertenecen. De cualquier modo, se trató de emplear aquellas condiciones óptimas para la realización de sueltas de auxiliares, intervenciones químicas u otras; las cuales fueron tomadas en consideración en la mayor parte de los casos, en mayor o menor grado.

PATOLOGÍAS Y SUELTA DE AUXILIARES AÑO 2002.

Como ejemplo se describen en este apartado las patologías detectadas en el año de ensayos 2002 (fecha de cultivo diciembre de 2002, campaña 2002-2003), año en que se realizó un mayor seguimiento de los fitosanitarios por ensayarse el empleo del plaguicida Buprofezín.

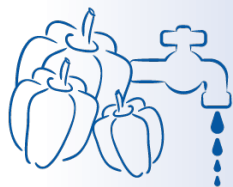
A finales de junio de 2001, bajo técnicas de cultivo convencional y habiendo realizado unos 20 tratamientos fitosanitarios a lo largo del ciclo de cultivo, se contabilizaron de un total de 1.064 plantas, 114 afectadas por virosis (10,7%), 91 con mordeduras abundantes de oruga (8,5%), 14 muy dañadas por araña (1,3%) y la práctica totalidad de las plantas en esas fechas con presencia de adultos de mosca blanca. En lo que se refiere a deficiencias se contabilizaron 133 plantas con deficiencia de Mg en hojas, el 12,5% del total, aunque no se apreció disminución en la cantidad o calidad de la cosecha por esta causa.

Respecto a las enfermedades criptogámicas, como en otros años, no se apreciaron daños por la seca o tristeza *Phytophthora capsici* (Leonian) ni por verticilosis *Verticillium dahliae* u otros hongos del suelo, porque las medidas preventivas fueron efectivas: desinfección con bromuro de metilo y solarización, aplicaciones de Metalaxil, etc. Tampoco se vieron estos años de cultivo problemas por enfermedades bacterianas o por hongos aéreos como la podredumbre gris *Botritis cinérea* (Pers). Únicamente se observó la aparición de oidiopsis o ceniza *Leveillula* (Lev.), controlada eficazmente por los tratamientos con azufre.

En cuanto a fisiopatías no se vio mancha o necrosis apical producida por escasa traslocación del calcio y algo de mancha por desecación solar, frecuente otros años en la variedad 'Herminio'. No hubo asfixia radicular, podredumbre basal o salinidad.

En lo que se refiere a enfermedades de etiología viral, al final del cultivo apenas el 1% de las plantas estaban afectadas por el virus del Bronceado del tomate (Tomato spotted wilt virus, TSWV), transmitido por trips, cuando otros años, con variedades no resistentes se llegaba al 10%. Esta ha sido la patología que más daños económicos provocaba en las plantaciones a pesar de los numerosos tratamientos efectuados y pudo mejorarse debido sobre todo a que los cultivares empleados eran resistentes al virus.

Se muestra en la tabla nº 22 la relación de auxiliares utilizada en la campaña 2001-2002 junto con la dosis de suelta y la semana en que se realizó cada una. La dosis se expresa en número de individuos por metro cuadrado del auxiliar correspondiente. Hay que tener en cuenta que la dosis



de *A. cucumeris* indica el número de sobres por metro cuadrado, sabiendo que cada sobre lleva 1.000 ácaros depredadores. Las sueltas de los diferentes auxiliares se hicieron de forma homogénea en todas las zonas, a excepción de las sueltas de *Hippodamia convergens*, *Phytoseiulus persimilis* y *Amblyseius californicus* que se realizaron de forma localizada, según se dio la aparición de la plaga en cuestión.

Semana de suelta	<i>Hippodamia convergens</i>	<i>Orius laevigatus</i>	<i>Amblyseius cucumeris</i>	<i>Amblyseius californicus</i>	<i>Phytoseiulus persimilis</i>	<i>Aphidius colemani</i>	<i>Eretmocerus eremicus</i>	<i>Eretmocerus mundus</i>
6			0,5					
7						1,25		
8							1,16	
9								
10								
11							2,17	
12		0,3	0,2	0,8	0,8	1,25		
13								
14		0,3		0,8	0,8		2,6	
15								
16		0,3			0,8		1,8	
17								
18		0,3		1,6				2,5
19		1,0		1,6	1,6			
20				0,8	0,8			
21		0,5		1	2			
22				1	0,8			1
23					2			2
24	12				2			
25	48							
TOTAL n°/ m²	60	2,7	0,7	7,6	9,6	2,5	7,73	5,5

Tabla 22. Relación de suelta de auxiliares (10 febrero – 21 junio 2002).

LUCHA BIOLÓGICA CAMPAÑA 2005-2006.

Como ejemplo de los tratamientos fitosanitarios realizados en una campaña, se describe en este apartado la suelta de auxiliares y tratamientos aplicados realizada en el año de ensayos 2005 (fecha de cultivo diciembre de 2005, campaña 2005-2006).

21-03-06 Tratamiento contra pulgón negro.

- Cultivo ecológico: 25 litros plicados mediante motocarro de JABÓN POTÁSICO (SOAPLINE, 50 cm³).
- Cultivo convencional e integrado: 100 litros en motocarro. PLENUN (PIMETROCINA, 40 g) y JABÓN POTÁSICO (SOAPLINE, 50 cm³).

28-03-06 Tratamiento contra araña blanca.

- Tratamiento de plantas infectadas en L1 (3 planta), L2 (2 planta), L5 (1 planta), L7 (1 planta) y L8 (3 planta) con azufre.

25-04-06 Tratamiento contra araña blanca.

- Cultivo convencional: 25 litros/parcela en motocarro. VERTIMEC (25 cm³, ABAMECTINA).

10-05-06 Tratamiento contra oidio. (+ Araña roja en CC y mosca blanca en CI)



- Cultivo convencional: 25 litros/parcela en motocarro de VERTIMEC (25 cm³, ABAMECTINA).
- Cultivo integrado: 25 litros/parcela en motocarro de ATOMINAL (0,5 cm³/l, PIRIPROXIFEN) +AZUFRE MOJABLE (4 g/l).
- Cultivo ecológico: 25 litros/parcela en motocarro de AZUFRE MOJABLE (4 g/l).

17-05-05 Tratamiento contra oidio.

- Cultivo ecológico: 25 litros/parcela en motocarro de AZUFRE MOJABLE (4 g/l).
- Cultivo convencional e integrado: 100 litros en motocarro de CADDY (CIPROCONAZOL; 15 g)

23-05-05 Tratamiento contra araña roja.

- Cultivo integrado: 16 litros en mochila de VERTIMEC (ABAMECTINA; 1 cm³/l).

02-06-06 Tratamiento contra oidio (+ Mosca blanca en CI y CC).

- Cultivo integrado y convencional: 25 litros/parcela en motocarro de ATOMINAL (PIRIPROXIFEN; 0,75 cm³/l) + STROBY (KRESOXIM – METIL; 0,04 g/l)
- Cultivo ecológico: 25 litros/parcela en motocarro de AZUFRE MOJABLE (4 g/l).

17-06-06 Tratamiento contra araña roja.

- Cultivo ecológico: 16 litros en mochila de ACEITE DE NEEM (3 cc/l).

21-06-04 Tratamiento contra oidio y orugas.

- Cultivo convencional: 25 litros/parcela en motocarro de CADDY (CIPROCONAZOL; 0,2 g/l) + AZUFRE MOJABLE (2 g/l) + DELFIN (BACILLUS THURINGENSIS; 0,65 g/l).
- Cultivo integrado: 25 litros/parcela en motocarro de AZUFRE MOJABLE (4 g/l) + DELFIN (BACILLUS THURINGENSIS; 0,65 g/l).
- Cultivo ecológico: 25 litros/parcela en motocarro de AZUFRE MOJABLE (2,65 g/l) + DELFIN (BACILLUS THURINGENSIS; 0,4 g/l).

29-06-06 Tratamiento contra araña roja (L1) y cochinilla algodonosa (L5).

- Cultivo ecológico: 15 litros en mochila de ACEITE DE NEEM (3 cm³/l) para tratar los focos.

04-07-06 Tratamiento contra araña roja (L1) y pulgón negro (L2 y L6).

- Cultivo ecológico e integral: 15 litros en mochila de ACEITE DE NEEM (2,5 cm³/l) para tratar los focos.

12-07-06 Tratamiento contra oidio y orugas.

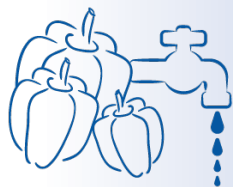
- Cultivo integrado: 25 litros/parcela en motocarro de STROBY (KRESOXIM – METIL; 0,2 g/l) + AZUFRE MOJABLE (2 g/l) + DELFIN (BACILLUS THURINGENSIS; 0,45 g/l).
- Cultivo ecológico: 25 litros/parcela en motocarro de AZUFRE MOJABLE (4 g/l) + DELFIN (BACILLUS THURINGENSIS; 0,5 g/l).

04-07-06 Tratamiento contra pulgón negro (L2 y L6).

- Cultivo integral: 10 litros en mochila de PLENUM (PIMETROCINA; 0,5 g/l) para tratar los focos.

31-07-06 Tratamiento contra oidio (L1) y mosca blanca (L6).

- Cultivo ecológico: 12 litros en mochila de AZUFRE MOJABLE (4 g/l).
- Cultivo integrado: 8 litros en mochila de AZUFRE MOJABLE (4 g/l) + PLENUM (PIMETROCINA; 1 g/l)



FECHA	AUXILIARES Y CULTIVO EN EL QUE SE EMPLEARON
15-02-06	Suelta de <i>Aphidius colemani</i> (500 insectos) en CI y CE
21-02-06	Suelta de <i>Amblyseius cucumeris</i> (200 sobres) y <i>Aphidius colemani</i> (500 insectos) en CI y CE
24-03-06	Suelta de <i>Orius laevigatus</i> (200 sobres) y <i>Aphidius colemani</i> (500 insectos) en CI y CE
11-04-06	Suelta de <i>Phytoseilus persimilis</i> (2000 acaros) y <i>Aphidius colemani</i> (500 insectos) en CI y CE
21-04-06	Suelta de <i>Eretmocerus mundus</i> (3000 ud), <i>Aphidius colemani</i> (500 insectos), <i>Amblyseius californicus</i> (500 ud) y <i>Orius laevigatus</i> en CI y CE
12-05-06	Suelta de <i>Phytoseilus persimilis</i> (6000 acaros) en CI y CE
17-05-05	Suelta de <i>Aphidius colemani</i> (500 ud), <i>Aphidoletes aphidimyza</i> 4 blister y <i>Phytoseilus persimilis</i> (2000 acaros) en CE y CI
26-05-06	Suelta de <i>Phytoseilus persimilis</i> (2000 acaros), <i>Amblyseius californicus</i> (500 ud) y <i>Orius laevigatus</i> en CI y CE
28-07-06	Suelta de <i>Phytoseilus persimilis</i> (2000 acaros), en CE

Tabla 23. Calendario de suelta de auxiliares año de cultivo 2005, campaña 2005-2006.

4.2.3.-Fertilización

JUSTIFICACIÓN DEL ABONADO PROGRAMADO

La programación de la fertilización se realizó en función de la técnica de cultivo y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los análisis de suelos, salvo en el caso del abonado nitrogenado, que constituye la variable de los ensayos. En la actualidad, en casi la totalidad del cultivo de pimiento bajo invernadero se abona mediante fertirrigación, no empleándose en general abonado de fondo distinto del estercolado. La nutrición del pimiento en cultivo intensivo se basa en el conocimiento de las extracciones que la cosecha de pimientos realiza a lo largo de su ciclo, aspecto este que sirvió también de base para programar el abonado.

Según diferentes autores existen dos fases distintas en el ritmo de crecimiento de la planta de pimiento. En la primera fase (de crecimiento lento) se sintetiza el 50% de la materia seca total producida y comprende en invernadero desde el trasplante hasta la segunda recolección, con una duración media para los tipos 'California' de 120-140 días. La segunda fase (de crecimiento rápido) comprende el resto del período de cultivo, con una duración media de 70-90 días.

El porcentaje de materia seca acumulada en los distintos órganos vegetativos de la planta varía según el estado fenológico de la misma. Así, se señala cómo las hojas representan más del 50% desde el trasplante hasta la primera recolección (100 días después del trasplante), siendo los frutos los que representan el mayor porcentaje posteriormente, significando el 65% del total de la materia seca acumulada. Hay que tener en cuenta también que durante el período de maduración de los frutos la planta disminuye el ritmo de crecimiento debido a que la mayor parte de los productos sintetizados son almacenados en los mismos.

Son diversos los factores que influyen en los ritmos de absorción de nutrientes por el cultivo: material vegetal, condiciones ambientales, calidad del agua de riego, técnicas de cultivo, etc., por lo que un calendario de fertirrigación no es lo más indicado. No obstante es la práctica más común en la zona, por lo que es la que se ha empleado en los ensayos de la tesis para dar más generalidad a los resultados, aunque se han tenido en cuenta los análisis de suelos y los estudios de extracciones del cultivo.



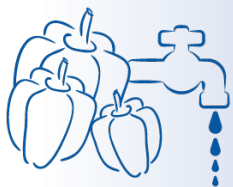
Para el pimiento tipo “Lamuyo F1” o el tipo “California” y en cultivos bajo invernadero sin calefacción, se dan datos de extracciones de nutrientes a lo largo del ciclo de cultivo que varían de unos autores a otros. Así expresado en kg de nutrientes extraídos por tonelada de fruto fresco producido, para una producción estimada de 10 kg/m², se extraerían de N entre 2,93 y 5,25 kg/t, de P₂O₅ entre 0,52 y 0,76 kg/t, de K₂O entre 4,60 y 5,12 kg/t, de CaO entre 1,69 y 4,81 kg/t y de MgO entre 0,46 y 1,07 kg/t (Luis Rincón, IMIDA, comunicación personal). En lo que si coinciden la mayoría de los autores es que las mayores cantidades de nutrientes extraídas por el cultivo se consumen desde la primera recolección (100 días después del trasplante) hasta el final del período del cultivo, siendo las proporciones medias extraídas en esta etapa del 70% del N, 80% del P₂O₅, 60% del K₂O, 55% del Ca y 65% del Mg.

Se ha abonado por fertirrigación, que es el método más eficaz de aplicación de fertilizantes (Cadahía, 1989), ya que trata de ajustar las aportaciones de nutrientes al ritmo de extracción del cultivo, basándose en el conocimiento de las curvas de absorción mineral del cultivo, que reflejan la absorción de nutrientes en función del tiempo. Con esto se ha tratado de conseguir una fertilización equilibrada, tanto en dosis de aplicación como en equilibrio de nutrientes y en el momento de la aplicación.

Se han escogido los abonos más comúnmente usados en la zona, de entre los existentes en el mercado, como son el PO₄H₃ (ácido fosfórico), con una riqueza del 54% de P₂O₅, el (NO₃)₂Ca (nitrato cálcico), con una riqueza del 28% de CaO y del 15,5% en N y el K₂SO₄ (sulfato potásico), con una riqueza del 50% de K₂O, así como el KNO₃ (nitrato potásico), con una riqueza del 13% en N y 46% en K₂O y el MgSO₄ (sulfato magnésico), con una riqueza del 16,6% de MgO y un 13% de S. También se aportó Mg, Zn y Mn en forma de correctores de carencias lignosulfurados vía goteo.

En lo que se refiere al abonado nitrogenado, se calculó que el estiércol aportado liberaba una cantidad de N de unos 9 g/m², siendo la aportación del agua de riego de 0,25 g/m² y la de la materia orgánica del suelo de 2,5 g/m². Teniendo en cuenta estos aportes y como resultado de nuestro estudio de lixiviación de nitratos llevado a cabo durante los primeros años en el mismo invernadero, se concluyó que con dosis de 1,5 UF de N por tonelada de producción prevista (15 g N/m²) era suficiente para obtener las mejores producciones con menor impacto medioambiental (Cánovas *et al.*, 2002) y por ello esta es la dosis de abonado nitrogenado que se tomó como base en los ensayos en las últimas campañas, y no la que se recomienda en la Comarca y que está entre los 40 y 50 g N/m². En lo que respecta a los demás nutrientes, y teniendo en cuenta los resultados de los análisis de suelos, se siguieron las recomendaciones medias de los distintos autores consultados.

A pesar de que los niveles de P son altos en el suelo, se programó aportar el calculado como extracción del cultivo porque al ser el suelo calizo podía dar lugar a retrogradación del fósforo. Se aportó asimismo en esta forma por ser un abono acidificante que además previene la obstrucción de los goteros y por necesitarlo la raíz disponible en los primeros estadios. De potasio también se aportó el que se estimaba como extracción, porque igualmente puede retrogradarse en suelo calizo. Al ser un suelo con pH óptimo para la extracción del Mg se programó reducir la aportación por litímetro por debajo de las extracciones, aportando 4.000 cm³/litímetro.



En función de lo anterior se calculó que el abonado que debería aplicarse para compensar las extracciones del pimiento sería el reflejado en la tabla 24, que se compara con el máximo recomendado por las Normas Técnicas de Producción Integrada en la Región de Murcia.

Por lo tanto, teniendo en cuenta la riqueza en nutrientes, las cantidades totales de fertilizantes que se programaron aplicar para cubrir las necesidades estimadas del cultivo al comienzo de cada campaña resultan las expresadas en las tablas siguientes:

	g/m ²	kg/ha	UF/t	UF/t máx. en P.I.
N (autores)	40	400	4	5
P ₂ O ₅	6	60	0,6	2
K ₂ O	48	480	4,8	5,5
CaO	30	300	3	1,5
MgO	7	70	0,7	0,75
N (ensayo)	15	150	1,5	5

Tabla 24. Abonado recomendado para compensar las extracciones para una producción media de 10 kg/m².

cada campaña resultan las expresadas en las tablas siguientes:

	kg/ha	g/m ²	g/lixímetro
ACIDO FOSFÓRICO	111,1	11,1	555
NITRATO CÁLCICO	937,5	93,7	4.685
SULFATO POTÁSICO	960,0	96,0	4.800
ROMBIQUEL Mg	1029,4	102,9	5.145
ROMBIQUEL Zn/Mn	200,0	20,0	1.000

Tabla 25. Cantidad total de fertilizantes programada para cubrir las necesidades del cultivo. Años 1999, 2000, 2001 y 2002.

	kg/ha	g/m ²	g/lixímetro
ACIDO FOSFÓRICO	111,1	11,1	555
NITRATO CÁLCICO	801,9	80,1	4.005
NITRATO POTÁSICO	1.043,4	104,3	5.215
SULFATO MAGNÉSICO	437,5	43,7	2.185
ROMBIQUEL Zn/Mn	200,0	20,0	1.000

Tabla 26. Cantidad total de fertilizantes programada para cubrir las necesidades del cultivo. Años 2003 y 2004.

	kg/ha	g/m ²	g/lixímetro
ACIDO FOSFÓRICO	111,1	11,1	555
NITRATO CÁLCICO	937,5	93,7	4.685
SULFATO POTÁSICO	960,0	96,0	4.800
ROMBIQUEL Mg	1.029,4	102,9	5.145
ROMBIQUEL Zn/Mn	200,0	20,0	1.000

Tabla 27. Cantidad total de fertilizantes programada para cubrir las necesidades del cultivo. Años 2005 y 2006.



Foto 24. Aspecto de las abonadoras individuales de cada uno de los lixímetros al comienzo de la plantación. Diciembre 2004.



FERTILIZACIÓN EN CULTIVO ECOLÓGICO, INTEGRADO Y CONVENCIONAL

Los fertilizantes se aplicaron siguiendo las recomendaciones de Guerrero (1990), las características del suelo y los resultados obtenidos en nuestro proyecto INIA SC-99-042 (distintas dosis de abonado mineral nitrogenado). La aplicación fue mediante fertirrigación y aunque un calendario de fertirrigación no es lo más indicado, este se empleó por ser la práctica más común en la zona. El cultivo convencional (CC) en el ensayo llevaba el doble de abonado mineral que el cultivo integrado (CI), siendo los abonos empleados los de uso más generalizado entre los agricultores.

Se escogieron los abonos de uso común en la zona, teniendo en cuenta la normativa para cada uno de los sistemas de cultivo ensayados (CE, CI y CC)

- CE: Estiércol de caballo fermentado la primera y segunda anualidad y sirle de oveja el resto de anualidades.
- CI: Abonado mineral y orgánico sin superar las dosis máximas de nutrientes establecidas en las Normas Técnicas de Producción Integrada de la Región de Murcia.
- CC: Abonado mineral y orgánico siguiendo las prácticas habituales de los agricultores de la zona.

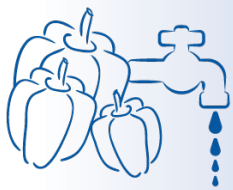
Los fertilizantes y las dosis aplicados en cada uno de los tratamientos fueron los siguientes:

- Tratamiento ecológico (TE). La fertilización de las dos parcelas elementales se realizó antes de la plantación con la aplicación exclusivamente de estiércol de caballo bien fermentado o sirle de oveja, a razón de 4 kg/m².
- Tratamiento integrado (TI). La fertilización de las tres parcelas elementales se realizó mediante la aplicación de abonos minerales empleando unas dosis inferiores a las máximas establecidas en las Normas Técnicas recomendadas por la Dirección General de Agricultura e Industrias Agrarias para la Producción Integrada. Los abonos químicos utilizados fueron: ácido fosfórico (abono líquido riqueza del 54% en P₂O₅), nitrato cálcico (sólido soluble riqueza del 27% de CaO y del 15,5% en N), nitrato potásico (sólido soluble riqueza del 13% de N y 46% de K₂O), Sulfato magnésico (sólido soluble riqueza del 16% de MgO y 13% en S).
- Tratamiento convencional (TC). Para la fertilización de las tres parcelas lisimétricas se aplicó el abonado mineral siguiendo las prácticas habituales de los agricultores de la zona que no están acogidos a ningún sistema de producción. Los abonos empleados fueron los mismos que en el tratamiento integrado (TI), pero las dosis aplicadas fueron el doble que en el T-I, superando ligeramente el límite superior establecido en las Normas Técnicas recomendadas por la Dirección General de Agricultura e Industrias Agrarias para la Producción Integrada.

En las últimas anualidades 2005 y 2006 (campañas de cultivo 2005-2006 y 2006-2007) se programó el abonado con la experiencia obtenida en años anteriores, considerando un abonado adecuado para el cultivo integrado en torno a 15 g/m² de N, 6 g/m² de P₂O₅, 35 g/m² de K₂O, 20 g/m² de CaO y 7 g/m² de MgO y para el cultivo convencional del año 2005 y 2006 se aplicó justamente el doble, es decir 30 g/m² de N, 12 g/m² de P₂O₅, 70 g/m² de K₂O, 40 g/m² de CaO y 14 g/m² de MgO. La dosis “normal” de abonado mineral nitrogenado entre los agricultores es de 40-50 g N/m², habiéndose comprobado en ensayos previos (proyecto I.N.I.A. SC-99-042) como con 15 g N/m² se obtienen las mejores cosechas con el menor riesgo de contaminaciones, por lo que fue la dosis a emplear en C I. No obstante en las conclusiones finales se confirmará si estas son las dosis que sigue empleando el agricultor y si se les puede recomendar en este sentido.

ABONOS APLICADOS Y CALENDARIO DE FERTILIZACIÓN

En las siguientes tablas se resume el abonado mineral aplicado desde el año de cultivo 1999 hasta el año 2006, que se realizó en función de todo lo anterior y atendiendo a la periodicidad de las extracciones, recomendadas por el SIAM de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia.



TRAT.	ACIDO FOS-FÓRICO (50% P ₂ O ₅)	NIT. CÁLCI-CO (NO ₃ Ca 15,5% N)	FERTILUQ-K (30% K ₂ O)
T-1	20	0	199,92
T-2	20	96,64	199,92
T-3	20	193,6	199,92
T-4	20	290,24	199,92

Tabla 28. Abonos aplicados el año 1999 (campaña 1999-2000) en cm³/m² o g/m².

TRAT.	ACIDO FOS-FÓRICO (50% P ₂ O ₅)	NIT. CÁLCI-CO (NO ₃ Ca 15,5% N)	SULFATO POTASICO K ₂ SO ₄	SEQUESTRE-NE (6% Fe)	MICROELE-MENTOS (6,6% Mg)
T-1	21	0	188,16	2,7	2
T-2	21	96,64	188,16	2,7	2
T-3	21	193,6	188,16	2,7	2
T-4	21	290,2	188,16	2,7	2

Tabla 29. Abonos aplicados el año 2000 (campaña 2000-2001) en cm³/m² o g/m².

TRAT.	ACIDO FOS-FÓRICO (50% P ₂ O ₅)	NIT. CÁLCI-CO (NO ₃ Ca 15,5% N)	SULFATO POTASICO K ₂ SO ₄	SEQUESTRE-NE (6% Fe)	ROMBIQUEL (6,6% Mg)
T-1	24	0	178,6	1,6	1,4
T-2	24	92,32	178,6	1,6	1,4
T-3	24	178,48	178,6	1,6	1,4
T-4	24	266,44	178,6	1,6	1,4

Tabla 30. Abonos aplicados el año 2001 (campaña 2001-2002) en cm³/m² o g/m².

TRAT.	ACIDO FOS-FÓRICO (50% P ₂ O ₅)	NIT. CÁLCI-CO (NO ₃ Ca 15,5% N)	SULFATO POTASICO K ₂ SO ₄	ROMBIQUEL (6,6% Mg)	ROMBIQUEL (3,3% Mn y 2,5% Zn)
T-1, T-2, T-3	15,1	81,7	76	62	22

Tabla 31. Abonos aplicados el año 2002 (campaña 2002-2003) en cm³/m² o g/m².

TRAT.	ACIDO FOS-FÓRICO (50% P ₂ O ₅)	NIT. CALCI-CO (NO ₃ Ca 15,5% N)	NITRATO POTASICO KNO ₃	SULFATO MAGNESICO MgSO ₄
T-E	0	0	0	0
T-I	17,4	53,5	65,5	31,2
T-C	34,8	107	131	62,4

Tabla 32. Abonos aplicados el año 2003 (campaña 2003-2004) en cm³/m² o g/m².

TRAT.	ACIDO FOS-FÓRICO (50% P ₂ O ₅)	NIT. CALCI-CO (NO ₃ Ca 15,5% N)	NITRATO POTASICO KNO ₃	SULFATO MAGNESICO MgSO ₄
T-E	0	0	0	0
T-I	16,4	48,5	58,7	31,2
T-C	32,8	97	117,4	62,4

Tabla 34. Abonos aplicados el año 2005 (campaña 2005-2006) en cm³/m² o g/m².

TRAT.	ACIDO FOS-FÓRICO (50% P ₂ O ₅)	NIT. CALCI-CO (NO ₃ Ca 15,5% N)	NITRATO POTASICO KNO ₃	SULFATO MAGNESICO MgSO ₄
T-E	0	0	0	0
T-I	16,4	48,5	58,7	31,2

Tabla 35. Abonos aplicados el año 2006 (campaña 2006-2007) en cm³/m² o g/m².

Un resumen de los fertilizantes aplicados por elementos minerales para los distintos años de ensayo se puede ver en la tabla n° 36. Los tres primeros años de cultivo (1999, 2000 y 2001) se ensayaron 4 dosis de abonado mineral nitrogenado distintas, el año 2002 todas las parcelas se abonaron igual, los años 2003, 2004 y 2005 se realizaron tres abonados diferenciados en función de los tres tipos de cultivo ensayados (ecológico, integrado y convencional) y el año 2006 (campaña de cultivo 2006-2007), en el que se ensayó el cultivo integrado y el ecológico, sólo se aplicó abonado mineral al cultivo integrado.

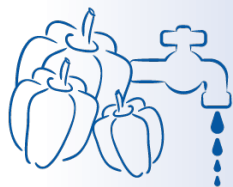


Años	Tratamiento	N g/m ²	P ₂ O ₅ g/m ²	K ₂ O g/m ²	CaO g/m ²	MgO g/m ²	S g/m ²	Fe g/m ²	Zn/Mn g/m ²
1999	T-1	0	10	60	0	0	0	0	0
	T-2	15	10	60	27	0	0	0	0
	T-3	30	10	60	54	0	0	0	0
	T-4	45	10	60	81	0	0	0	0
2000	T-1	0	10	89	0	0,1	86	0	0
	T-2	15	10	89	27	0,1	86	0	0
	T-3	30	10	89	54	0,1	86	0	0
	T-4	45	10	89	81	0,1	86	0	0
2001	T-1	0	12	90	0	0,1	82	0,04	0
	T-2	14	12	90	26	0,1	82	0,04	0
	T-3	28	12	90	50	0,1	82	0,04	0
	T-4	41	12	90	75	0,1	82	0,04	0
2002	T-1	12,7	8,2	38	22	4	35	0	0
	T-2	12,7	8,2	38	22	4	35	0	0
	T-3	12,7	8,2	38	22	4	35	0	0
	T-E	0	0	0	0	0	0	0	0,6
2003	T-I	15,7	7,8	28,3	13,4	5	4	0	0,6
	T-C	31,4	15,6	56,6	26,8	10	8	0	0,6
2004	T-E	0	0	0	0	0	0	0	0
	T-I	15,1	8,8	27	13	5	4	0	0
	T-C	30,2	17,6	54	26	10	8	0	0
2005	T-E	0	0	0	0	0	0	0	0
	T-I	15,1	8,8	27	13	5	4	0	0
	T-C	30,2	17,6	54	26	10	8	0	0
2006	T-E	0	0	0	0	0	0	0	0
	T-I	15,1	8,8	27	13	5	4	0	0

Tabla 36. Resumen de elementos minerales aplicados con el abonado durante cada año de ensayos y para cada tratamiento.

Respecto al calendario de aplicación de fertilizantes, los datos diarios para todas las anualidades se reflejan en el Anexo II de esta tesis. Como ejemplo de un año de abonado se refleja en la tabla n° 37 la fertilización por días aplicada en 2002.

DÍA Y FECHA	ÁCIDO FOSFÓRICO	NITRATO CÁLCICO	SULFATO POTÁSICO	Mg	Mn/Zn
Lu 16-1-02	150 cm ³				
Mi 23-1-02		200 g			
Mi 30-1-02	200 g		300 g		
Ma 5-2-02		200 g		300 cm ³	
Vi 15-2-02	100 cm ³		300 g		
Ma 19-2-02				300 cm ³	
Ju 21-2-02		100 g			



DÍA Y FECHA	ÁCIDO FOSFÓRICO	NITRATO CÁLCICO	SULFATO POTÁSICO	Mg	Mn/Zn
Ma 26-2-02					300 cm ³
Ju 28-2-02		200 g			
Ju 7-3-02				300 cm ³	
Ma 12-3-02			300 g		
Ju 14-3-02	50 cm ³				
Ju 21-3-02		200 g			
Vi 22-3-02			300 g		
Ma 26-3-02				400 cm ³	200 cm ³
Vi 5-4-02		400 g			
Ma 9-4-02			600 g		
Mi 10-4-02		500 g			
Vi 12-4-02				500 cm ³	
Lu 15-4-02					300 cm ³
Mi 17-4-02			300 g		
Vi 19-4-02		300 g			
Ma 23-4-02	100 cm ³				
Mi 24-4-02				500 cm ³	
Vi 26-4-02		400 g			
Ju 2-5-02			500 g		
Ju 9-5-02		300 g			
Mi 15-5-02				500 cc	
Vi 17-5-02		300 g			
Ma 21-5-02		300 g			
Mi 22-5-02			400 g		
Ma 28-5-02	155 cm ³				
Ju 30-5-02			400 g		
Ju 6-6-02			300 g		
Ma 11-6-02		400 g			
Vi 14-6-02			400 g		
Lu 17-6-02					300 cm ³
Vi 21-6-02		285 g			
TOTAL	755 cm³	4.085 g	3.800 g	3.100 cm³	1.100 cm³

Tabla 37. Fertilización diaria por lixímetro (50 m²) en pimiento. Año 2002.

Respecto al abonado orgánico de fondo (estercolado), se aplicaron las dosis habitualmente empleadas por los agricultores de la Comarca, en torno a 4 kg/m² de estiércol fermentado. Las dosis fueron algo menores los tres primeros años de ensayos (1,5 kg/m²) y algo mayores el resto (4-5 kg/m²), por emplear estiércol para la biofumigación. Un resumen del abonado orgánico se refleja en la tabla nº 38.



TIPO DE PIMIENTO	AÑOS DE CULTIVO	TRATAMIENTO	ESTIÉRCOL APLICADO	
			Tipo	Dosis kg/m ²
Lamuyo	1999	T-1	Sirle de oveja	1,5
	2000	T-2		
	2001	T-3		
		T-4		
California	2002	Buprofezin	Estiércol caballo	5
California	2003	T-E T-I T-C	Estiércol caballo	5
California	2004 2005	T-E T-I T-C	Sirle de oveja	4
Lamuyo	2006	T-E T-I	Sirle de oveja	4

Tabla 38. Resumen del estiércol aplicado en todos los años de cultivo

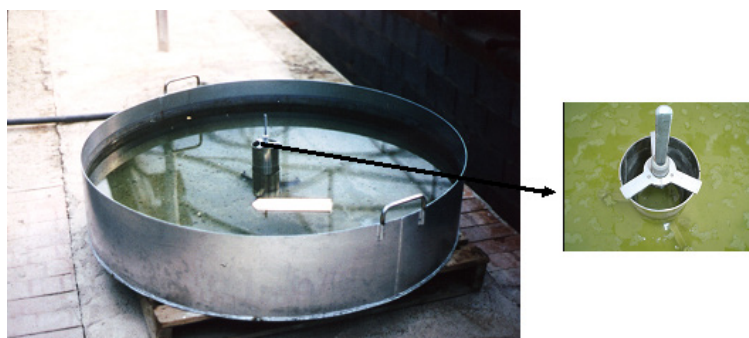
4.2.4.-Control de los riegos

NECESIDADES DE AGUA DEL CULTIVO

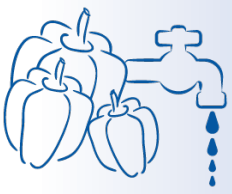
El cálculo de la evapotranspiración es el primer paso para establecer las necesidades de riego de los cultivos y consta de dos términos: la evaporación y la transpiración. La evaporación varía en función de factores meteorológicos y de la naturaleza de la superficie evaporante (suelo y agua) y la transpiración está relacionada con las pérdidas a través de las estomas de la planta. Para todos los sistemas de cultivo se utilizó la técnica del riego localizado por ser el más utilizado en la zona y el que menos agua consume, entre otras ventajas. Para el cálculo del riego, que es igual en todos los tratamientos, nos basamos en la teoría de Penman (1948) que definió el concepto de evapotranspiración potencial (Eto, tasa máxima de evaporación de una superficie completamente sombreada por un cultivo verde “la tasa de evapotranspiración de una superficie extensa de gramíneas verdes de 8 a 15 cm de altura, uniforme, de crecimiento activo, que sombree totalmente al suelo y no escasee de agua”) y seguimos las directrices de la FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977).

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se utilizó el método del tanque evaporimétrico cubeta clase A (fotos nº 25 y 26), de acero inoxidable y medidas estándar de 1.206,5 mm de diámetro y 254 mm de altura, que se colocó en el interior del invernadero y se tomaron lecturas diarias de nivel mediante varilla graduada y con 0,5 mm de apreciación. Los datos pormenorizados de estas medidas de los años 2001 al 2004 se pueden consultar en el Anexo III de esta tesis.

En la anualidad 1999 se utilizaron los datos de una cubeta evaporimétrica situada en el exterior del invernadero, dentro del mismo C.I.F.E.A. de Torre Pacheco. El resto de anualidades, el riego se aplicó utilizando los datos de la Epa_n de una cubeta situada en el interior del invernadero.



Fotos 25 y 26. Tanque evaporimétrico Clase A dentro del invernadero, en la foto pequeña se ve el detalle de la varilla graduada.



Este método se basa en la estimación por medida directa de la evaporación producida en un tanque normalizado (Eo o Epan), que integra los efectos de la radiación, viento, temperatura y humedad. Siendo Kp un coeficiente corrector de lecturas (coeficiente de cubeta), relacionado con las condiciones de humedad relativa, viento y ambiente circundante a la cubeta, la fórmula para calcular la evapotranspiración potencial, en mm/día es $E_{To} = K_p \times E_o$. La evapotranspiración máxima del cultivo (ETc), se define como la cantidad que debe ser aportada al suelo estacionalmente mediante riego y/o lluvia. Siendo Kc el llamado coeficiente de cultivo, la fórmula de la evapotranspiración máxima del cultivo, que mide las necesidades netas medias (ETc = Nn) en mm/día es $ET_c = E_{To} \times K_c$.

El cálculo del coeficiente de cubeta Kp se basa en las directrices de la FAO, establecidas por Doorenbos y Pruitt. El medio circundante es el propio cultivo de pimiento, ya que la cubeta está en el interior del invernadero y por ello la Eo (Epan) es menor que si estuviera rodeada de suelo desnudo. Según la FAO para una cubierta verde baja, humedad relativa media del 85%, vientos débiles (ya que estamos dentro del invernadero) y distancia a barlovento de la cubierta verde de 0 m, el valor de Kp a adoptar en estas condiciones es 0,75. En el caso de que la cubeta se situara en el exterior del invernadero, el Kp a emplear sería 0,6 lo que es lógico pues la evaporación de la cubeta en el exterior es mayor.

Para el cálculo del coeficiente de cultivo siguiendo las directrices de la FAO se establecieron cuatro fases de desarrollo del cultivo: una inicial de 30 días desde la plantación, otra de desarrollo del cultivo de 40 días, otra a mediados del período de 110 días que se corresponde con las mayores necesidades de agua y una última de 30 días que completa un ciclo de cultivo de 210 días. La parte inicial del período de floración es la más sensible a la escasez de agua, siendo mayor este efecto en condiciones de temperatura alta y humedad relativa baja. Los coeficientes de cultivo para pimiento bajo invernadero en las condiciones del ensayo que se aplicaron se reflejan en las figuras nº 22 y 23.

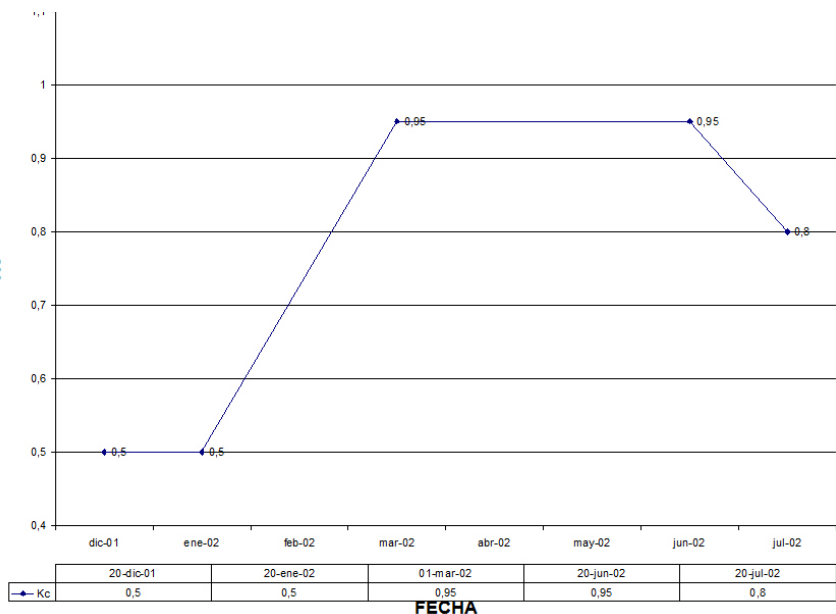


Figura 22. Coeficientes de cultivo empleados para pimiento bajo invernadero en los ensayos de las anualidades 1999-2002.

Con el crecimiento del cultivo se produce un aumento de la superficie foliar, provocando que el Kc incremente durante este período desde valores bajos, entorno a 0,4, hasta su valor máximo cuando el cultivo alcanza cobertura completa, para luego decrecer con el agostamiento del mismo. Como se ha dicho, para el cálculo del coeficiente de cultivo Kc, se siguieron las directrices de la FAO, y se establecieron cuatro fases de desarrollo del cultivo en un ciclo de 169 días: una inicial de 19 días desde la plantación, otra de desarrollo del cultivo de 30 días, otra a mediados del período de 91 días que se corresponde con las mayores necesidades de agua y una última de 29 días, como se ve en la tabla nº 39.

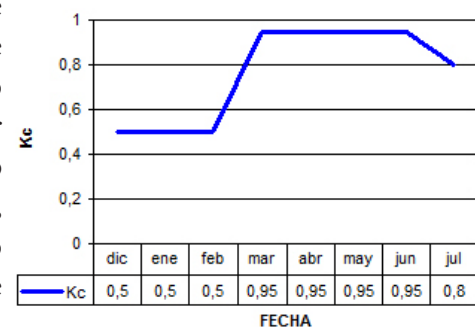


Figura 23. Coeficientes de cultivo empleados para pimiento bajo invernadero en los ensayos de las anualidades 2003-2005.



Kc	Periodos
0,5	10 febrero- 28 febrero
0,75	1 marzo- 30 marzo
0,95	31 marzo- 29 junio
0,8	30 junio- 28 julio

Tabla 39. Valores del coeficiente de cultivo, Kc, aplicados en función de las cuatro fases del desarrollo vegetativo de las plantas de pimiento. Anualidades 2003-2006.

Además de estas necesidades consuntivas hay otras cantidades adicionales de agua necesarias para compensar pérdidas por percolación, requerimientos de lavado o uniformidad de reparto de agua que se cuantifican en un término denominado eficiencia de aplicación (Ef_a) y que permite obtener las necesidades brutas o totales, en mm/día, mediante la fórmula $N_t = N_n / Ef_a = ET_c / Ef_a$

Como se sabe, la eficiencia de aplicación en el agua de riego depende de tres factores: eficiencia por la uniformidad de aplicación del riego (Ef_u), eficiencia por la percolación profunda (Ef_p) y eficiencia por la salinidad (Ef_s). En el ensayo, al tratarse de riego por goteo se empleó $Ef_u = 0,9$, al ser suelo arcilloso $Ef_p = 1$ y la eficiencia por salinidad depende de la conductividad eléctrica del agua de riego (CE_{ar}) y de la conductividad eléctrica del agua de riego para la cual se produce una disminución en el 100% de la producción de pimiento (CE_{es}), obteniéndose por la fórmula $Ef_s = 1 - RL = 1 - CE_{ar} / 2 \text{ máx } CE_{es} = 1 - 1,09 / 2 \times 8,6 = 0,9367 \text{ dS/m}$.

Como $Ef_p > Ef_s$, en la fórmula se tomó esta última por ser la más desfavorable, obteniéndose en el ensayo $Ef_a = Ef_p \times Ef_u \times Ef_s = 1 \times 0,9 \times 0,936 = 0,843$. Se tuvo en cuenta que la parte inicial del período de floración es la más sensible a la escasez de agua, siendo mayor este efecto en condiciones de temperatura alta y humedad relativa baja.

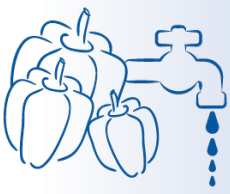
Una vez calculada la ET_c se calcularon las necesidades netas (N_n), de acuerdo con la ecuación del balance de agua en el suelo propuesta por Doorenbos y Pruitt (1977). En este caso, al estar en el interior del invernadero y tener el cultivo en lixímetros, las pérdidas por filtración profunda y por escorrentía, así como la ganancia debido al ascenso capilar y a la precipitación efectiva, son nulas, quedando por tanto $N_n = ET_{tc}$.

A partir de las necesidades netas se obtuvieron las necesidades totales (N_t). Dado que el riego está sometido a una uniformidad inferior al 100%, y en caso de que el agua tenga un contenido elevado de sales se debe aportar un exceso de agua para su lavado, las necesidades totales son ligeramente superiores a las necesidades netas. Para el cálculo de las necesidades totales se siguió la metodología propuesta por Keller y Bliesner (1990), obteniendo las necesidades totales a partir de las expresiones siguientes, donde N_t = Necesidades totales, T_R = Relación de transpiración, UE = Uniformidad de emisión y LR = Fracción de lavado.

$$(A) \text{ Si } LR < 0,1 \text{ ó } T_R > \frac{0,9}{(1-LR)}, \text{ se usa la expresión } N_t = \frac{N_n \cdot T_R}{UE}$$

$$(B) \text{ Si } LR > 0,1 \text{ ó } T_R < \frac{0,9}{(1-LR)}, \text{ se usa la expresión } N_t = \frac{N_n}{UE(1-LR)}$$

La relación de transpiración T_R es el cociente entre el agua aplicada para satisfacer la transpiración (A_a) y el agua realmente transpirada (A_t), ($T_R = A_a / A_t$). TR representa la proporción de pérdidas inevitables por infiltración profunda (P_{ip}) durante el periodo de consumo, ya que $A_a = A_t + P_{ip}$. Las P_{ip} son debidas al exceso de movimiento vertical del agua por debajo de la zona radicular en determinados tipos de suelos para poder alcanzar un mínimo humedecimiento lateral del bulbo



húmedo. Los valores de T_R que se adoptaron para el diseño y la programación de riego de los sistemas de riego localizado se muestran en la tabla nº 40 (Keller y Bliesner, 1990).

PROFUNDIDAD DE RAÍCES (m)	TEXTURA			
	Muy gruesa	Gruesa	Media	Fina
< 0,80	1,10	1,10	1,05	1,00
0,80-1,5	1,10	1,05	1,00	1,00
> 1,5	1,05	1,00	1,00	1,00

Tabla 40. Relación de transpiración estacional (TR) para diferentes texturas de suelo y profundidades radiculares.

El valor de la relación de transpiración (TR), de acuerdo con la tabla nº 40, depende de la textura y la profundidad radicular. La textura del suelo es arcillosa, por lo que el valor adoptado de TR fue de 1.

La falta de uniformidad en instalaciones de riego se debe por un lado a diferencias en las presiones a las que están sometidas por los emisores, y por otro a diferencias en los propios emisores, bien como consecuencia de una baja calidad de fabricación o bien como consecuencia de obstrucciones y envejecimiento. La uniformidad de emisión adoptada fue del 90%, ya que es un valor razonable en instalaciones bien diseñadas y manejadas. Además este valor es fácilmente alcanzable en un invernadero dado la escasa longitud de los ramales de riego y la ausencia de pendientes en el interior del mismo.

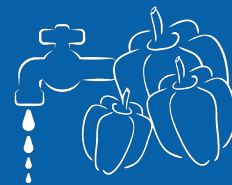
La fracción de lavado (LR) se calculó mediante el método FAO propuesto por Doorenbos y Pruitt (1977) $LR = CE_a / 2 \max CE_e$, siendo CE_a = Conductividad eléctrica del agua de riego y $\max CE_e$ = Conductividad eléctrica máxima del extracto de saturación del suelo referida a un cultivo dado.

Teniendo en cuenta que la conductividad del agua de riego media era de 1'24 dS/m y que la conductividad eléctrica máxima del extracto de saturación del suelo referida al cultivo del pimiento es de 9 dS/m, obtuvimos una fracción de lavado de 0'069. Por tanto las necesidades totales se calcularon mediante la expresión (A), quedando como $N_t = N_n / 0,9$.

A partir de las necesidades totales se obtuvo la dosis de riego aplicando la siguiente ecuación $D = N_t / I_r$, siendo D = Dosis de riego en l/m², N_t = Necesidades totales en mm/día e I_r = Intervalo de riegos en días .

PROGRAMACIÓN DEL RIEGO, DOSIS Y FRECUENCIA.

Las dosis de riego se determinaron por el método de la FAO, tomando lecturas diarias de la evaporación de cubeta y haciendo una programación semanal del riego calculando las necesidades totales como $N_t \times 7$ días = l/semana, en base a las lecturas de evaporación de la semana anterior. Estos datos se contrastaron con los ofrecidos por el Servicio de Información Agraria Murciano (SIAM), que ofrece informes de la ETo semanal (mm) de la Estación de Torreblanca (Torre-Pacheco), tomando la media de las obtenidas por los métodos de la cubeta clase A, Blanney-Criddle, Penman-Monteith y el método de la radiación.



La fórmula empleada fue: $N_t = N_n / E_f_a$ o $ET_c / E_f_a = ET_o \times K_c / E_f_a = K_p \times E_o \times K_c / E_f_a = K_p \times E_o \times K_c / 0,843$ (litros/día), en la que E_o es la medida diaria de la evaporación de la cubeta clase A, teniendo por lo tanto que determinarse los coeficientes K_p y K_c .

La frecuencia de los riegos se determinó mediante el uso de tensiómetros, disponiendo en al menos dos parcelas experimentales o lixímetros de una batería de 3 tensiómetros, a 15, 30 y 60 cm de profundidad. En términos generales, en condiciones de evaporación moderada y si la $ET_c < 5$ mm/día, se puede prever una disminución de la ET_c en la mayoría de los cultivos con una tensión de humedad del suelo > 1 atmósfera, lo que equivale al agotamiento del agua disponible del 30% en suelos arcillosos. Se da como valor de agotamiento del agua en el suelo tolerado para el pimiento sin provocar una disminución inaceptable de la ET_c y de los rendimientos entre 0,5 y 1,5, expresado como tensiones de humedad del suelo. Los riegos se aplicaron cuando las tensiones se aproximaban a 15-20 cb, con el fin de garantizar una constancia en el nivel de humedad del suelo. Esto supuso al principio del cultivo un riego cada 3 ó 4 días y en las épocas de mayor demanda un riego diario.

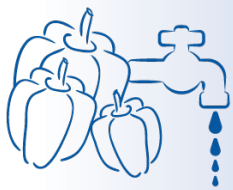


Foto 27. Colocación de batería de tensiómetros a tres profundidades

Otro control que se usó para la irrigación se basó en la conductividad de los lixiviados que debe estar entre 2,5 y 5 dS/m. Una conductividad superior de sales es indicativa de déficit de riego y un valor inferior a 2,5 indica exceso de riego.

Las aplicaciones de agua se realizaron con alta frecuencia (bajo tiempo de intervalo entre riegos), teniendo en cuenta que es recomendable para suelos franco-arcillosos un riego al día. La dosis neta de riego (volumen de agua a aportar en cada riego para restituir al suelo las necesidades netas de agua por el cultivo en el intervalo entre riegos) viene dada por la fórmula: $D_n = N_n \times i$ (mm/día). La dosis práctica de riego restituye las necesidades totales de agua en el intervalo entre riegos y viene dada por $D_p = N_t \times i = N_n / E_f_a \times i$.

La pluviometría de la instalación se define como la descarga horaria por unidad de superficie y se expresa como $P = q_a / d_1 \times d_2$, en l / hora \cdot m², siendo q_a la descarga nominal del emisor (l / hora), d_1 la distancia entre emisores en la línea de riego y d_2 la distancia entre ramales de riego en metros. El tiempo necesario para aportar la dosis práctica de riego en horas viene dado por la fórmula $T_r = D_p / P = D_p \times d_1 \times d_2 / q_a$. La pluviometría de la instalación se comprobó midiendo en los contadores el volumen de agua aplicada y teniendo en cuenta que cada contador afecta a un lixímetro (50 m²), de esta forma el volumen por lixímetro era $V = P \times 50 = l / hora$.



Para el mejor control de los riegos se dispuso de sondas de succión en cada lixímetro a las profundidades de 25 y 50 cm en las que periódicamente se recogió la solución en las mismas para ver su conductividad. La conductividad de la solución recogida en las sondas debe estar entre 2,5 y 5 dS/m, una conductividad superior de sales es indicativa de déficit de riego y un valor inferior a 2,5 indica exceso de riego.

Otro aspecto que se tuvo en cuenta es la hora del riego, que preferiblemente se realizó a primera hora de la mañana, para evitar regar con excesiva evaporación y además conseguir que la planta esté hidratada para las horas del día en que la evapotranspiración es más alta. Por último también pudo servir como parámetro para controlar las dosis de riego las pérdidas por percolación, que según diversos autores no deben superar el 20% del volumen de agua aplicada.



Foto 28. Sondas de succión para el control de la conductividad a dos niveles.



Foto 29. Aspecto de la plantación en el mes de abril de 2002, en el que se puede apreciar el adecuado estado hídrico de las plantas.

Se aplicó la técnica del riego localizado, por las múltiples ventajas que presenta, como son: reducción de las necesidades energéticas de la planta al mantener un óptimo de humedad, menos pérdidas por lixiviación de agua y fertilizantes, mejor eficacia en la distribución de agua, posibilidad de automatización y programación del sistema, limita la proliferación de malas hierbas y enfermedades como *Phytophthora*.

Los datos de volúmenes de riego semanales aportados durante las ocho campañas de cultivo se reflejan en el Anexo V de esta tesis.

4.2.5.-Recolecciones

Se realizaban en verde y se llevaban a cabo de mediados de marzo a finales de julio, con una cadencia mensual. Se recolectaban los frutos a mano cuando estaban con la dureza y tonalidad características de la variedad, en cajas de plástico de 15 kg. Para evitar en lo posible las heridas y desgarros del pedúnculo, que podían dar lugar a podredumbres, se empleaban tijeras de corte especiales.

Los calibres oficiales para pimiento de invernadero se basan en el diámetro y los empleados en el ensayo han variado en cada anualidad en función de lo establecido por los mercados y fueron los siguientes (los años se refieren a la fecha de plantación):

Producción de pimiento tipo 'Lamuyo': años del ensayo 1999, 2000 y 2001 (recolecciones 2000, 2001 y 2002)

EXTRA	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	DESTRÍO
> 251 g	250-201 g	200-101 g	100-81 g	Menores de 80 g



Producción de pimiento tipo 'California': Años del ensayo 2002 y 2003 (recolecciones 2003 y 2004):

EXTRA	PRIMERA	SEGUNDA	DESTRÍO
> 200 g	200-160 g	160-80 g	Menores de 80 g

Producción de pimiento tipo 'California': Años del ensayo 2004 y 2005 (recolecciones 2005 y 2006):

EXTRA	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	DESTRÍO
> 190 g	>225 g	225-170 g	170-100 g	Menores de 100 g

Para la clasificación de pimiento en el año 2004, se tomó como extra aquel pimiento que teniendo un peso mayor de 190 gramos tuviera también una forma cuadrada, sin deformaciones y la primera era cuando no tenía la forma cuadrada.

Producción de pimiento tipo 'Lamuyo': Año del ensayo 2006 (recolección 2007):

EXTRA	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	INDUSTRIA	DESTRÍO
> 210 g	210-150 g	150-110 g	110-85 g	Menores de 85 g	Deformados

Los calibres oficiales para pimiento cuadrado se basan en el diámetro y son los siguientes:

Clave	Calibre (mm)
P	40/50
MM	50/70
M	70/90
G	90/110
GG	>110

Tabla 41. Calibres oficiales para pimiento de invernadero.



Foto 30. Pimiento tipo 'Lamuyo' variedad 'Almudén' y categoría primera. Año 2002

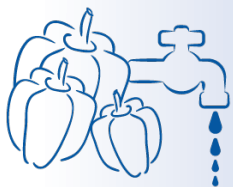
La variedad de pimiento ideal para el mercado actual debería tener una proporción 50% G, 30% GG y 20% M. En el ensayo se clasificaron los pimientos en pesos por unidad, siendo los calibres más comúnmente aceptados para pimiento tipo 'California' (foto nº 31) los que se reflejan en la siguiente tabla:

Clave	Peso (g)
Pequeño M	< 160
Medio G	160-200
Grande GG	>200

Tabla 42. Calibres para pimiento tipo 'California'.



Foto 31. Pimiento tipo 'California' variedad 'Ribera' y categoría primera. Año 2006.



4.3.- ACTIVIDADES DESARROLLADAS

Se reflejan aquí las actividades más importantes desarrolladas para el cumplimiento de los objetivos generales y específicos de la tesis doctoral, dividiéndolas en el plan de trabajo de campo y el plan de trabajo de laboratorio. No se reflejan aquí por no ser objeto de esta tesis otras muchas actividades colaterales realizadas en los proyectos de investigación, como son: lixiviación de plaguicidas, calidad nutricional del pimiento, conservación en postrecolección, etc.

4.3.1.-Plan de trabajo de campo

Cada actividad expuesta se repitió en cada año de ensayos:

Actividad 1.- Tareas anteriores al cultivo: solarización del invernadero, enmiendas y preparación del suelo, instalación de la red de riego por goteo.

Actividad 2.- Instalación de las sondas de succión y tensiómetros a diferentes profundidades en el perfil. Colocación de una cubeta de evaporación de clase A. Para registrar la T^a y humedad se instaló un termohigrógrafo.

Actividad 3.- Plantación y labores de cultivo encaminadas a la obtención de cosechas regulares en las condiciones normales en que se pueden encontrar los pimientos en los mercados de la zona: fertirrigación, tratamientos, poda, escarda de malas hierbas, entutorado, etc.

Actividad 4.- Control biológico de plagas y aplicación de los fitosanitarios utilizados comúnmente en los tres métodos de cultivo.

Actividad 5.- Control del abonado diferencial en función de las distintas dosis y posteriormente de los tres métodos de cultivo: agricultura ecológica, producción integrada y agricultura tradicional, que fue de especial relevancia por constituir la variable principal de estudio del proyecto: los tratamientos fertilizantes diferenciales.

Actividad 6.- Toma de muestras de lixiviados, suelos, hojas y frutos necesaria para los ensayos de laboratorio.

Actividad 7.- Toma diaria de datos de la estación meteorológica de la finca y lectura de la cubeta evaporimétrica.

4.3.2.-Plan de trabajo de laboratorio

Cada actividad expuesta se repitió en cada año de ensayos:

Actividad 1.- Toma de muestras y análisis de las propiedades del suelo a distintas profundidades, 0-10, 10-20, 20-40, 40-80 y 80-100 cm. Textura, materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y capacidad de campo.

Actividad 2.- Análisis de las propiedades del enmendante orgánico. (%N, %P, %C.O., AcH, AcF, etc.)

Actividad 3.- Puesta a punto de la metodología analítica necesaria para la determinación de los nitratos en las diferentes matrices (suelo, pimiento y agua de percolación).

Actividad 4.- Control del funcionamiento de las cápsulas de succión en el laboratorio.

Actividad 5.- Análisis previos de suelo y lixiviados y de la planta a sembrar para controlar la situación de partida.

Actividad 6.- Análisis de la concentración de nitratos en las muestras de suelo tomadas a dos profundidades con sondas de succión (0-25 cm y 25-50 cm), recogidas a distintos tiempos durante la experimentación para conocer su persistencia en la zona de enraizamiento.

Actividad 7.- Análisis de los lixiviados recogidos con las cápsulas de succión y aguas percoladas a diferentes profundidades (25, 50 y 100 cm) para cada lixímetro a distintos tiempos durante la experimentación.

Actividad 8.- Control periódico del estado nutricional de las plantas mediante análisis mineral de las hojas. Se realizaron cinco tomas de muestras a lo largo del cultivo en las siguientes épocas: inicio del



cultivo, floración, cuajado de los frutos y dos tomas de muestra durante el desarrollo de los mismos.

Actividad 9.- Selección de los frutos, conforme alcanzaron el tamaño y el estado de madurez comercial y determinación del rendimiento y de los parámetros de calidad representativos para este cultivo.

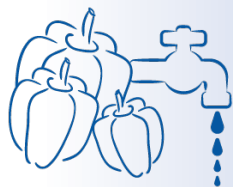
4.4.- MUESTREO Y PARÁMETROS ANALIZADOS

A lo largo de los cultivos se realizaron diversas tomas de muestra de lixiviados, hojas y frutos, así como medidas no destructivas en hoja, reflejando a continuación como se obtuvieron algunos de estos datos.

4.4.1.-Muestreo de suelos

En los ensayos se realizaron muestreos de suelo a diferentes profundidades (de 0 a 20 cm, de 20 a 40 cm y de 40 a 60 cm) para controlar el desplazamiento y persistencia en el suelo de los nitratos. Para el control del movimiento de los nitratos, en cada parcela, se dispuso de sondas de succión instaladas a 25 y 50 cm y de una salida de drenaje a 100 cm de profundidad. Se determinaron las concentraciones de nitratos en los lixiviados con el espectrofotómetro, cuyo funcionamiento se describe en el Anexo XI de esta tesis.

En general cada anualidad se tomaban dos muestras de suelo por lixímetro a tres profundidades, determinándose los parámetros de textura, nitratos, materia orgánica, CIC, PH y densidad aparente. En las siguientes tablas se recogen los datos de los parámetros obtenidos en varios análisis periódicos de suelo realizados en campañas de cultivo; por lixímetro o parcela experimental y para tres profundidades (0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm):



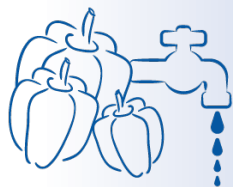
0-20 cm	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Arena %	14	16	12	14	10	16	20	16
Limo %	26	30	26	30	34	28	26	30
Arcilla %	60	54	62	56	56	56	54	54
N total %	0,16	0,18	0,16	0,17	0,19	0,19	0,20	0,25
Nitratos meq/100g	1,10	0,93	0,92	1,21	1,01	1,08	1,46	1,32
N total kg/ha	516,51	394,93	421,94	548,46	485,88	550,08	644,08	587,38
M.O. %	2,61	3,22	2,48	2,95	2,81	2,95	3,82	3,79
C/N	9,46	10,38	8,99	10,07	8,58	9,01	11,08	8,79
CIC meq/100g	11,70	12,34	12,04	11,90	11,93	13,49	12,93	12,68
pH	7,67	7,62	7,67	7,57	7,51	7,68	7,58	7,59
Densidad aparente	1,12	1,01	1,09	1,08	1,15	1,21	1,05	1,07
20-40 cm	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Arena %	10	14	8	4	8	4	18	4
Limo %	28	24	30	34	34	34	28	36
Arcilla %	62	62	62	62	58	62	54	60
N total %	0,09	0,11	0,11	0,08	0,09	0,09	0,16	0,08
Nitratos meq/100g	0,15	0,16	0,20	0,34	0,11	0,18	0,43	0,22
N total kg/ha	76,04	76,97	96,47	162,22	56,03	83,59	187,48	112,34
M.O. %	1,67	1,98	1,44	1,16	1,37	1,22	2,51	1,19
C/N	10,76	10,44	7,59	8,41	8,83	7,86	9,10	8,69
CIC meq/100g	10,80	10,42	11,32	11,08	10,81	11,84	10,27	11,84
pH	7,84	7,77	7,85	7,75	7,49	7,79	7,83	7,78
Densidad aparente	1,20	1,24	1,16	1,26	1,22	1,13	1,02	1,22
40-60 cm	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Arena %	10	6	8	6	14	12	18	4
Limo %	28	32	30	30	32	26	28	36
Arcilla %	62	62	62	64	54	62	54	60
N total %	0,09	0,08	0,14	0,08	0,1	0,08	0,16	0,08
Nitratos meq/100g	0,18	0,13	0,18	0,18	0,15	0,1	0,33	0,14
N total kg/ha	115,61	70,39	91,58	94,76	73,94	48,97	177,62	65,93
M.O. %	1,67	1,44	1,91	1,41	1,57	1,34	2,51	1,19
C/N	10,76	10,44	7,91	10,22	9,11	9,72	9,10	8,63
CIC meq/100g	10,8	11,69	11,76	11,94	10,83	10,81	10,27	11,84
pH	7,84	7,76	7,70	7,85	7,89	7,70	7,83	7,78
Densidad aparente	1,2	1,28	1,17	1,20	1,12	1,18	1,02	1,22

Tabla 43. Análisis de suelo en precultivo de la campaña 1999-2000. Muestra enero 2000.



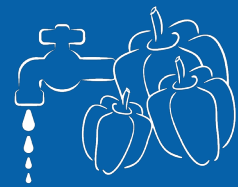
0-20 cm	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Arena %	16	14	20	14	24	20	16	20
Limo %	32	30	36	34	32	30	32	38
Arcilla %	52	56	44	52	44	50	52	42
N total %	0,16	0,18	0,14	0,18	0,17	0,19	0,24	0,40
Nitratos meq/100g	0,16	0,27	0,39	0,29	0,18	0,19	0,67	2,92
N total kg/ha	87,74	141,76	209,66	146,83	97,30	105,07	334,43	323,83
M.O. %	3,08	2,75	2,78	3,25	2,61	2,75	3,69	6,30
C/N	11,07	8,86	11,52	10,47	8,91	8,40	8,92	9,14
CIC meq/100g	16,46	12,80	12,42	14,54	14,10	19,87	22,53	18,87
pH	7,52	7,53	7,46	7,53	7,52	7,46	7,34	7,19
Densidad aparente	1,24	1,25	1,28	1,22	1,30	1,27	1,19	1,08
20-40 cm	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Arena %	10	16	16	14	20	20	20	16
Limo %	34	34	22	30	26	34	26	28
Arcilla %	56	50	62	56	54	46	54	56
N total %	0,11	0,09	0,12	0,1	0,12	0,15	0,11	0,15
Nitratos meq/100g	0,06	0,06	0,11	0,10	0,07	0,11	0,39	0,53
N total kg/ha	35,08	36,23	62,23	58,17	36,33	59,85	220,83	289,59
M.O. %	1,74	1,37	1,57	1,74	1,88	2,41	1,61	2,21
C/N	9,18	8,83	7,59	10,09	9,09	9,32	8,49	8,55
CIC meq/100g	16,55	11,33	14,22	13,53	12,56	13,02	16,71	14,72
pH	7,62	7,81	7,69	7,59	7,75	7,53	7,69	7,66
Densidad aparente	1,31	1,36	1,32	1,32	1,32	1,3	1,34	1,29
40-60 cm	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Arena %	16	24	10	20	20	20	20	16
Limo %	34	24	36	28	30	30	28	32
Arcilla %	50	52	54	54	50	50	52	52
N total %	0,1	0,11	0,1	0,12	0,13	0,16	0,12	0,1
Nitratos meq/100g	0,09	0,08	0,25	0,16	0,22	0,13	0,10	0,25
N total kg/ha	47,90	46,44	140,30	91,28	121,03	69,33	54,28	141,37
M.O. %	1,98	1,64	1,88	1,88	2,55	2,18	1,81	1,88
C/N	11,48	8,65	10,9	9,09	11,38	7,9	8,75	10,9
CIC meq/100g	12,55	13,02	10,67	12,56	16,06	13	14,14	10,03
pH	7,58	7,76	7,58	7,75	7,44	7,46	7,64	7,55
Densidad aparente	1,32	1,35	1,31	1,32	1,29	1,31	1,33	1,32

Tabla 44. Análisis de suelo en postcultivo de la campaña 1999-2000. Muestra julio 2000



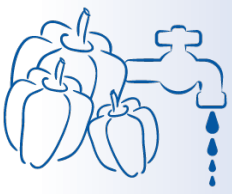
0-20 cm	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Arena %	20	25	20	10	20	10	25	25
Limo %	10	20	20	40	25	30	10	30
Arcilla %	70	55	60	50	55	60	65	45
N total %	0,18	0,23	0,17	0,21	0,24	0,22	0,23	0,41
Nitratos meq/100g	0,85	1,94	1,07	1,66	1,12	1,05	1,02	2,02
N total kg/ha	446,29	986,34	549,68	837,42	543,56	524,19	566,12	880,88
M.O. %	2,36	3,52	3,12	3,58	4,22	3,38	3,69	6,23
C/N	7,61	8,88	10,65	9,89	10,2	8,91	9,31	8,81
CIC meq/100g								
pH	7,66	7,52	7,67	7,62	7,55	7,64	7,47	7,51
Densidad aparente	1,25	1,21	1,22	1,2	1,16	1,19	1,32	1,04
20-40 cm	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Arena %	15	20	15	25	20	15	20	15
Limo %	30	20	20	25	20	30	20	20
Arcilla %	55	60	65	50	60	55	60	65
N total %	0,1	0,13	0,1	0,17	0,13	0,13	0,14	0,18
Nitratos meq/100g	0,41	0,36	0,25	0,74	0,30	0,47	0,97	0,55
N total kg/ha	229,72	197,89	136,76	408,71	165,77	257,31	528,39	294,76
M.O. %	1,68	2,11	1,68	2,35	2,08	1,98	2,24	2,26
C/N	9,74	9,41	9,74	8,02	9,28	8,83	9,28	7,28
CIC meq/100g								
pH	7,75	7,65	7,82	7,65	7,78	7,79	7,69	7,55
Densidad aparente	1,33	1,29	1,31	1,31	1,3	1,31	1,29	1,27
40-60 cm	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Arena %	15	20	10	20	20	15	10	20
Limo %	15	15	25	10	15	20	25	20
Arcilla %	70	65	65	60	65	65	65	60
N total %	0,12	0,13	0,1	0,13	0,09	0,1	0,14	0,13
Nitratos meq/100g	0,73	0,40	0,40	0,55	0,15	0,43	0,80	0,46
N total kg/ha	402,42	222,76	219,64	309,96	92,65	241,77	425,35	248,21
M.O. %	1,5	1,71	1,71	1,64	1,17	1,24	2,04	2,14
C/N	7,25	7,63	9,92	7,32	7,54	7,19	8,45	9,55
CIC meq/100g								
pH	7,75	7,81	7,72	7,68	7,79	7,67	7,66	7,84
Densidad aparente	1,31	1,31	1,3	1,33	1,49	1,34	1,27	1,29

Tabla 45. Análisis de suelo en precultivo de la campaña 2000-2001. Muestra abril 2001.



0-20 cm	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Arena %	15	30	25	20	20	20	25	25
Limo %	30	20	25	30	30	25	25	25
Arcilla %	55	50	50	50	50	55	50	50
N total %	0,14	0,17	0,24	0,18	0,21	0,16	0,19	0,28
Nitratos meq/100g	0,11	0,16	1,82	0,52	0,80	0,26	0,71	0,18
N total kg/ha	147,23	95,87	936,99	272,16	425,52	142,85	367,12	930,08
M.O. %	2,31	2,58	3,45	3,05	2,95	2,41	3,42	3,79
C/N	9,57	8,8	8,34	9,83	8,15	8,74	10,44	7,85
CIC meq/100g								
pH	7,77	7,7	7,57	7,81	7,59	7,83	7,9	7,82
Densidad aparente	1,28	1,43	1,23	1,25	1,26	7,28	1,23	1,21
20-40 cm	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Arena %	25	20	15	25	25	20	20	20
Limo %	25	30	25	25	25	30	30	30
Arcilla %	50	50	60	50	50	50	50	50
N total %	0,12	0,08	0,11	0,1	0,11	0,09	0,11	0,07
Nitratos meq/100g	0,20	0,08	0,31	0,08	0,06	0,06	0,06	0,09
N total kg/ha	115,30	44,60	170,86	43,48	34,93	32,27	35,51	53,21
M.O. %	1,74	1,14	1,98	1,68	1,57	1,14	1,41	1,17
C/N	8,41	8,27	10,44	9,74	8,28	7,35	7,44	9,7
CIC meq/100g								
pH	7,82	7,85	8,06	8,18	7,82	7,83	7,81	7,92
Densidad aparente	1,35	1,38	1,3	1,35	1,36	1,38	1,37	1,38
40-60 cm	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Arena %	20	15	25	20	15	25	20	20
Limo %	30	30	20	30	25	20	30	30
Arcilla %	50	55	55	50	60	55	50	50
N total %	0,11	0,11	0,1	0,12	0,1	0,1	0,13	0,09
Nitratos meq/100g	0,02	0,19	0,17	0,24	0,28	0,15	0,24	0,16
N total kg/ha	10,21	104,36	98,12	137,77	157,67	84,19	134,62	92,47
M.O. %	1,68	1,78	1,78	1,74	1,68	1,78	1,78	1,74
C/N	8,86	9,39	10,32		9,74	10,32	7,94	11,21
CIC meq/100g								
pH	7,8	7,6	7,95	8,03	7,85	7,99	7,64	7,7
Densidad aparente	1,35	1,32	1,34	1,34	1,32	1,34	1,34	1,34

Tabla 46. Análisis de suelo en postcultivo de la campaña 2000-2001. Muestra agosto 2001.



El estudio estadístico de los datos provenientes de los análisis de suelo demostró que en general no había diferencias entre los distintos perfiles y para los distintos años de muestreo en lo que se refiere a la textura, C.I.C., PH y propiedades químicas en las tres profundidades del suelo. Las únicas variaciones apreciables se referían al contenido de nitratos del suelo y se debían a que durante 3 años se llevó a cabo un ensayo en el que se aplicó un tratamiento diferencial de abonado mineral nitrogenado T-1 = 0 g N/m² (parcelas L-2 y L-5), T-2 = 15 g N/m² (parcelas L-1 y L-6), T-3 = 30 g N/m² (parcelas L-4 y L-7) y T-4 = 45 g N/m² (parcelas L-3 y L-8). En general, como cabía esperar, el contenido de N total en kg/ha es más elevado en los lixímetros L-3 y L-8 que en los L-2 y L-5, a todas las profundidades analizadas y tanto en precultivo como en postcultivo.

4.4.2.-Muestreo de lixiviados

Para el control del movimiento de los nitratos, en cada parcela, se dispuso de sondas de succión instaladas a 25 y 50 cm y de una salida de drenaje a 100 cm de profundidad. Las muestras de lixiviados se recogieron a tres profundidades diferentes (25, 50 y 100 cm) cada 14 días aproximadamente, a lo largo de todo el cultivo. Respecto a la toma profunda (del fondo del lixímetro, los primeros años de cultivo, del 1999 al 2003) se respetó esta periodicidad en la recogida de muestras de lixiviados, ya que se vertía directamente hacia un canal cuando se abrían las válvulas y se pretendía no dejar los drenajes en el suelo mucho tiempo para evitar su degradación. A partir del año 2004, la periodicidad en la recogida de los lixiviados fue menor, ya que estos fluían de manera continua a depósitos que se colocaron en el fondo de los lixímetros y no existía el peligro de degradación.



Foto 32. Recogida de lixiviados por canaleta en el fondo del lixímetro. Campañas 1999-2000, 2000-2001, 2001-2002 y 2002-2003.

A partir del año 2003, la recogida de lixiviados profunda se realizó a través de unos depósitos, donde el lixiviado vertía permanentemente y no quedaba retenido en el suelo del lixímetro hasta que se realizaba la apertura de la válvula de las canaletas, evitando de esta manera una recogida tan continuada para tratar de reducir su degradación.



Foto 33. Recogida de lixiviados por canaleta en el fondo del lixímetro. Campañas 2003-2004, 2004-2005, 2005-2006 y 2006-2007.

La toma de lixiviados realizada a 25 y 50 cm se hizo mediante las sondas de succión colocadas en cada parcela lisimétrica. El día anterior a la recogida de lixiviado se hacía el vacío en las sondas mediante una jeringa, que también se utilizaría para la toma de muestras al día siguiente. Las muestras correspondientes a la profundidad de 100 cm se recogieron por medio de las salidas de drenaje situadas a dicha profundidad en cada lixímetro. Antes de coger las

muestras, se apuntaba la lectura del contador situado en la llave de paso y una vez cogidas las muestras, los lixímetros se dejaban vaciar completamente, apuntando de nuevo la lectura del contador después del vaciado. Los lixiviados fueron recogidos en botes convenientemente etiquetados, y guardados en congelador a -20 °C, para su posterior análisis con el espectrofotómetro. En ellos se determinó también la concentración de Na⁺, K⁺, Ca⁺², Mg⁺², P total, SO₄⁻², NO₃⁻ y Cl⁻ en las dos primeras anualidades.

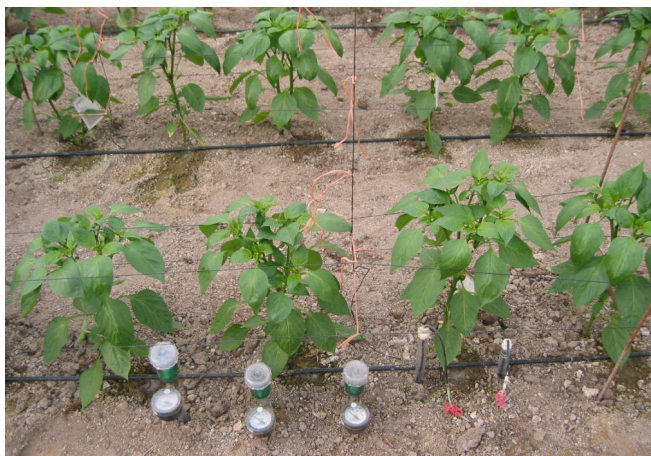


Foto 34. Sondas de succión a dos profundidades para toma de muestras de lixiviados, junto con tensiómetros y sensor del TDR. Febrero 2003.

Los datos pormenorizados de las fechas en que se tomaron los lixiviados en cada una de las anualidades, así como el volumen de lixiviado drenado, vienen reflejados en el Anexo VI de esta tesis. Los datos de la analítica de los lixiviados en los lixímetros de drenaje (concentración y cantidad de nitratos y otros aniones y cationes) y para todas las campañas de cultivo se reflejan en los Anexos VII y VIII de esta tesis. Los datos de la analítica de los lixiviados en las sondas de succión (concentración y cantidad de nitratos) y para todas las campañas de cultivo se reflejan en el Anexo IX de esta tesis. Como ejemplo, en la campaña 2002-2003, la primera en la que

se ensayaron las técnicas de cultivo CE, CI y CC, se tomaron las siguientes muestras de lixiviados:

Muestreo	Fecha
1	28-Marzo-2003
2	11-Abril-2003
3	25-Abril-2003
4	9-Mayo-2003
5	23-Mayo-2003
6	6-Junio-2003
7	20-Junio-2003
8	4-Junio-2003
9	18-Junio-2003

Tabla 47. Fechas en las que se tomaron muestras de lixiviados en la campaña 2002-2003.

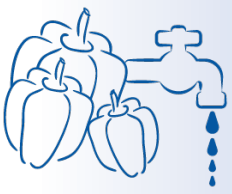
La determinación de los iones NO_3^- se realizó con un espectrofotómetro. En los métodos fotométricos, se mide la relación de poder de radiación de los rayos de luz incidente y luz transmitida u otro tipo de energía radiante por el material que realiza la absorción, empleando como detector una fotocelda. Cuando esta relación se mide a una longitud de onda determinada el método analítico se llama espectrofotométrico.

El funcionamiento del espectrofotómetro resumidamente es el que sigue: la luz de una fuente continua pasa a través de un monocromador, que selecciona una banda estrecha de longitudes de onda del haz incidente. Esta luz “monocromática” atraviesa una muestra de espesor “b”, y se mide la potencia radiante de la luz que sale. Es necesario calibrar el espectrofotómetro con un blanco antes de medir las absorbancias de la disolución problema. Esta celda o cubeta de referencia sirve para compensar los efectos de reflexión, dispersión o absorción de luz de la celda con el disolvente. En el Anexo XI se detalla como se calibró el aparato

para los análisis realizados en esta tesis.

4.4.3.-Muestreo de hojas

El muestreo de hojas constituye otro grupo de análisis colaterales de la tesis que no se detallan por no ser objeto de la misma, con los que se trató de comprobar el efecto de los diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada sobre las características de la masa foliar, es decir, el estado nutricional de las plantas. Se realizaron muestreos periódicos de hoja a lo largo del cultivo coincidiendo con las etapas claves del desarrollo (inicio, floración, cuajado y desarrollo de los frutos). Se procedió en la anualidad 2006 a la toma de muestras correspondientes a los diferentes estados fenológicos: inicio de la plantación, fase de crecimiento exponencial (desarrollo vegetativo), floración, cuajado y desarrollo del fruto (primer y último racimo). Se procesaron un mínimo de 6 plantas por tratamiento en las que



se procedió a determinar el peso fresco y seco de los distintos órganos. Los frutos y hojas recogidos se analizaron en el laboratorio del CIFEA de Torre-Pacheco, junto al invernadero.

Las muestras de hoja recogidas, con el objeto de determinar la composición mineral y el contenido en clorofila y azúcares, se desecaron y se trituraron para el análisis de aniones (NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^- y Cl^-), cationes (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} y Mg^{+2}), micronutrientes (Fe, Cu, Mn y Zn), P total (P_{total}) y N total (N_{total}). Los aniones se extrajeron con agua (Abbas *et al.*, 1991) y se determinaron por cromatografía iónica. Para la determinación de P_{total} , cationes y micronutrientes, se realizó una digestión HNO_3 - HClO_4 (2:1). Los cationes y micronutrientes se determinaron por absorción atómica y el P_{total} mediante el método descrito por Murphy y Riley (1962). Para la determinación del Ntotal se utilizó el método micro-Kjeldahl. No se detallan aquí los métodos empleados para la determinación de estas composiciones minerales por no ser objeto de esta tesis.

Para determinar la producción de biomasa se tomaron, al final del cultivo del año 2003, cuatro o cinco plantas de cada parcela del tratamiento ecológico y tres plantas de cada parcela de los tratamientos integrado y convencional, hasta un total de 9 repeticiones por tratamiento. La parte aérea de las plantas se separó en tallo y hojas y se determinó el peso fresco de los mismos.

Se realizaron también en la anualidad 2003 cinco medidas de la fotosíntesis y de la transpiración, a los 53, 81, 109, 144 y 168 días después del trasplante (DDT), coincidiendo con los diferentes estados de desarrollo de la planta. Para estas determinaciones siempre se seleccionaron al azar hojas jóvenes totalmente expandidas y siempre se realizó a la misma hora. Para los tratamientos T-C y T-I (tres lixímetros por tratamiento), las mediciones se realizaron sobre tres hojas de cada uno de los lixímetros, mientras que para el tratamiento T-E (dos lixímetros) las medidas se realizaron sobre cuatro o cinco hojas, hasta completar un total de nueve repeticiones por tratamiento.



Foto 35. Abundante vegetación en junio de 2003, fecha en que se tomaron las muestras foliares.

4.4.4.-Muestreo de frutos

Para la toma de muestras de fruto, se seleccionaron 12 plantas por parcela (dos parcelas por tratamiento). Se recolectaron la totalidad de los frutos de las plantas seleccionadas para la determinación del rendimiento del cultivo en cada tratamiento ensayado (distintas dosis de N y T-E, T-I y T-C), utilizando como parámetros: la producción total por planta, número de frutos, peso medio, calibre, índice de forma y peso total de frutos comerciales, así como el número de frutos afectados por la podredumbre apical. Cada grupo de 12 plantas se dividía en cuatro subgrupos de tres plantas, constituyendo cada uno de ellos una repetición. Cada parcela constituía un bloque por lo que el diseño experimental era de bloques al azar con cuatro repeticiones por bloque. Se realizaba un muestreo de un número representativo de frutos por repetición y se utilizaron para determinar los parámetros de calidad.

Los frutos recogidos se utilizaron en fresco para la determinación del peso, calibre, color, dureza y espesor de pulpa. Una vez realizadas estas determinaciones, los frutos se dividieron en dos partes



longitudinales. Una de ellas se licuó y otra se cortó en cubos, mezclando en ambos casos los pimientos correspondientes a una misma repetición. Tanto el licuado como el fruto troceado se congeló a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para su posterior análisis.

En la anualidad 2003 (campaña 2002-2003), fueron analizados diversos parámetros de calidad en el pimiento en cultivo ecológico, integrado y convencional, cuyos resultados no son objeto de esta tesis, no obstante se citan aquí, por la importancia que tuvo comprobar que las prácticas agrícolas realizadas para reducir la aplicación de fertilizante nitrogenado no mermaron la calidad del producto. Los parámetros analizados eran los representativos en el cultivo de pimiento: color, dureza, espesor de pulpa, acidez, pH, sólidos solubles totales (SST), contenido en azúcares, vitamina C, clorofila, licopeno, carotenoides y clorofila y tuvieron como resultado el proyecto fin de carrera de Ingeniero Agrónomo de Dña. Inmaculada Castellar, bajo la dirección de la Dra. Pilar Florez Fernández-Villamil y mi codirección.

El color y la dureza se determinaron en cada fruto individual mediante colorímetro y penetrómetro respectivamente, aplicados en tres puntos de la zona ecuatorial del fruto. El espesor de la pulpa se midió en tres puntos a lo largo de un corte longitudinal del fruto. La acidez, pH, SST y contenido en azúcares y vitamina C se determinó en el zumo. La determinación de la acidez se realizó mediante una valoración potenciométrica con NaOH 0,1 M a pH 8,1. Los SST se determinaron mediante refractometría y el contenido de azúcares y vitamina C mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). El contenido en clorofila, licopeno y carotenoides totales se determinaron en fruto entero mediante el método espectrofotométrico desarrollado por Nagata y Yamashita (1992).

La recogida de los frutos se realizó en varias recolecciones repartidas a lo largo de todo el ciclo del cultivo. Para la determinación de los diferentes parámetros estudiados, se seleccionaron tres filas centrales de plantas de cada lixímetro, excluyendo las plantas de los extremos (dos filas a cada lado). En cada muestreo se recogieron todos los frutos totalmente formados de las 16 plantas seleccionadas en cada fila, lo que supone 48 plantas por parcela lisimétrica experimental, midiendo como parámetros: la producción total por planta, número de frutos, peso medio, calibre, índice de forma y peso total de frutos comerciales, así como el número de frutos afectados por la podredumbre apical. Los datos pormenorizados de la producción de pimientos para todas las cosechas y campañas de cultivo y su clasificación por categorías se detallan en el Anexo X de esta tesis.

En la tabla nº 48 se relacionan las características comerciales que se tuvieron en cuenta a la hora de clasificar los pimientos tipo “California”, durante las campañas 2004-2005 y 2005-2006:

EXTRA: Frutos de buena calidad, color uniforme y buen estado sanitario. Con la forma característica del pimiento California. Peso $\geq 190\text{ g}$.

1ª CAT: Frutos de buena calidad, color uniforme y buen estado sanitario. Sin la forma característica del pimiento California. Peso $\geq 225\text{ g}$.

2ª CAT: Frutos de buena calidad, color uniforme y buen estado sanitario. Sin la forma característica del pimiento California. Peso $< 225\text{ g}$ y $\geq 170\text{ g}$.

3ª CAT: Frutos de buena calidad, color uniforme y buen estado sanitario. Con o sin la forma característica del pimiento California. Peso $< 170\text{ g}$ y $\geq 125\text{ g}$.

4ª CAT: Frutos de buena calidad, color uniforme y buen estado sanitario. Con o sin la forma característica del pimiento California. Peso $< 125\text{ g}$ y $\geq 100\text{ g}$.

INDUSTRIA: Frutos destinados a la industria; sin color uniforme, con menos del 20% de su superficie con podredumbre apical (BER) y deformes. Peso $\geq 100\text{ g}$.

NO COMERCIAL: Resto de frutos (podridos, con más del 20% de su superficie con BER o frutos con peso inferior a 100 g).

Tabla 48. Características comerciales de pimientos del tipo ‘California’.

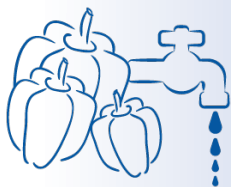


Foto 36. Pimientos recolectados en una fila del tipo "Lamuyo", previos a su clasificación por categorías, su pesado y su análisis.

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD EN FRUTOS.

En la campaña 2002-2003 fueron estudiados en frutos diversos parámetros de calidad correspondientes a la primera y cuarta cosecha que tuvieron como resultado el proyecto fin de carrera de Ingeniero Agrónomo de Dña. Inmaculada Castellar, bajo la dirección de la Dra. Dña. Pilar Florez Fernández-Villamil y mi codirección. Para ello se seleccionaron al azar tres muestras de pimiento verde de los lixímetros cultivados bajo tratamiento T-C y T-I y cuatro o cinco muestras de los lixímetros con tratamiento T-E, hasta completar un total de 9 repeticiones por tratamiento.

Cada muestra estaba formada a su vez por cuatro frutos, que se lavaron con agua desionizada y se secaron y en cada uno de ellos se midió la dureza y los calibres longitudinal y transversal. Posteriormente los frutos se dividieron en dos partes iguales, una de las mitades se utilizó para la determinación del espesor de la pulpa y el contenido en agua de los frutos y la otra mitad se licuó y se mezcló el zumo de los pimientos que constituían una misma muestra. El licuado se utilizó para determinar el contenido en sólidos solubles totales (SST), acidez y pH.

Se determinaron los siguientes parámetros físicos de calidad en frutos:

- Peso y contenido en agua. Para determinar el peso de todos los frutos de pimiento recolectados se utilizó un Granatario Mettler Toledo PG 6002-S, con una precisión de 0,01g. La parte de fruto seleccionado para determinar el contenido en agua se secó en estufa a 65°C durante 4 ó 5 días y se calculó la diferencia entre el peso fresco y el peso seco.
- Calibre e índice de forma. Los calibres ecuatorial y longitudinal de los frutos se midieron mediante un calibre milimétrico con lectura digital Mitutoyo. Estos valores se utilizaron para el cálculo del índice de forma (IF), según la siguiente fórmula: $IF = \text{Calibre ecuatorial} / \text{calibre longitudinal}$.
- Dureza. La dureza se determinó mediante un penetrómetro Bertuzzi FT 327 (3-27 Lbs), con un émbolo de 8 mm de diámetro, realizándose 3 medidas por fruto.
- Espesor de la pulpa. Para determinar este parámetro se cortaron los frutos por la mitad y se realizaron 3 medidas por fruto a lo largo de la superficie del corte, con un calibre milimétrico con lectura digital Mitutoyo.
- Categoría comercial. Los parámetros considerados para clasificar los pimientos por categorías comerciales fueron el peso, color (uniforme), estado sanitario (ausencia de defectos y malformaciones) y forma típica del pimiento "California" (cuadrada con cuatro cascós bien formados).

Se determinaron los siguientes parámetros químicos de calidad en frutos:

- pH. Se realizó a partir del zumo obtenido al licuar la pulpa de los frutos con una licuadora doméstica Moulinex y utilizando un pHmetro Crison GLP 21.
- Acidez. La acidez valorable se determinó a partir de 10 ml de licuado usando como valorante NaOH 0,1 M hasta pH 8,1.
- Sólidos Solubles Totales. Los SST fueron medidos por el índice de refracción expresado en °Brix, depositando una gota de zumo sobre un refractómetro Atago 0-32% N-1E, (lectura refractométrica a 20 °C).



El análisis estadístico de todos los resultados, cuyo análisis no es objeto de esta tesis, aunque si se refleja aquí por ser de utilidad para el conocimiento de la calidad de los pimientos bajo los distintos sistemas de cultivo, fue realizado con el programa informático SPSS 7.5 para Windows, mediante el análisis de la varianza y el test de rango múltiple de Tukey.

4.5.- RESULTADOS DE CALIDAD NUTRICIONAL DEL PIMIENTO Y CONSERVACIÓN EN POSTRECOLECCIÓN

Del estudio de todas estas determinaciones colaterales al desarrollo de esta tesis, realizadas tras el muestreo de los frutos, solo se van a reflejar las conclusiones obtenidas, por la importancia de considerar el estudio de estos aspectos de calidad y conservación en postrecolección bajo diferentes sistemas de cultivo en nuestra tesis, ya que si alguno de los tratamientos no hubiera dado frutos con la suficiente calidad comercial, el ensayo no sería válido para establecer recomendaciones de abonado mineral nitrogenado al agricultor.

De los parámetros de calidad estudiados por el equipo de la Dra. Dña. Pilar Flores, solamente la dureza del fruto se vio significativamente afectada por los diferentes tratamientos aplicados, aumentando en los frutos de pimiento al final del cultivo, al aumentar la dosis de fertilizantes aplicada (Flores *et al.*, 2005).

Los azúcares analizados en las muestras de pimiento fueron glucosa, fructosa y sacarosa. La concentración de los azúcares mayoritarios (glucosa y fructosa) aumentó en el fruto al pasar de estado de maduración verde a rojo, mientras que la concentración de sacarosa disminuyó. Para un mismo estado de maduración no se observaron diferencias significativas en la concentración de azúcares entre frutos cultivados bajo diferentes sistemas de producción.

La concentración de ácido ascórbico aumentó ligeramente al aumentar el estado de maduración de los frutos. En general, la concentración de este compuesto aumentó en el orden ecológico> integrado> convencional, aunque solo se detectaron diferencias significativas entre el sistema ecológico y convencional en frutos verdes y rojos.

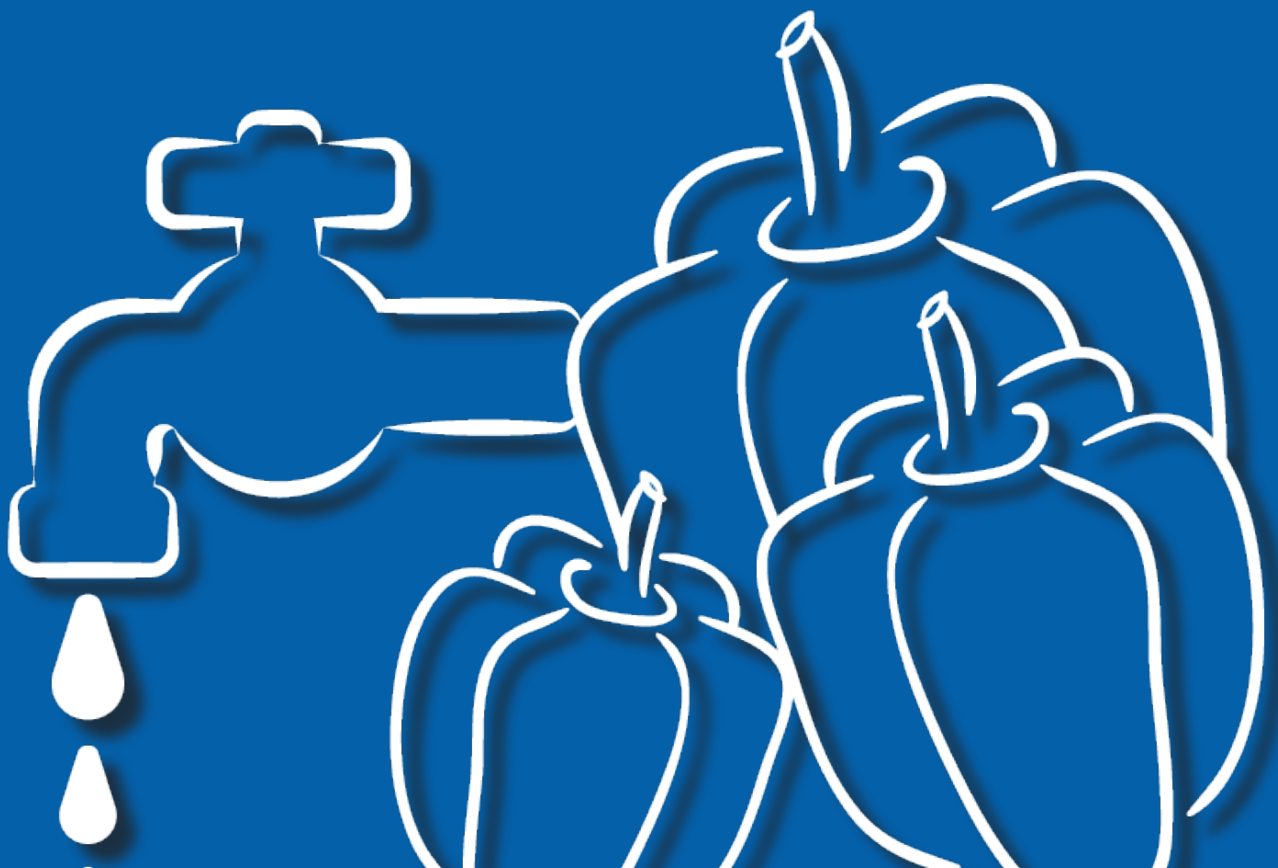
El contenido en compuestos fenólicos totales aumentó con el estado de maduración de los frutos. Para un mismo estado de maduración, solo se observaron ligeras diferencias entre los diferentes sistemas de cultivo.

En estado de maduración verde y pinto no se observaron diferencias en el contenido de carotenoides totales entre los diferentes sistemas de cultivo. Sin embargo, en estado de maduración rojo, los pimientos cultivados bajo producción integrada presentaron mayor concentración que los cultivados bajo sistema integrado o convencional.

Respecto a los ensayos de pimiento mínimamente procesado en fresco (MPF) realizados por el equipo del Dr. D. Francisco Artés Hernández, cabe destacar que el sistema de cultivo elegido, ya sea convencional, integrado o ecológico ejerce cierta influencia en la conservación postcosecha del pimiento MPF. En general, a lo largo de diversos ensayos los pimientos procedentes de sistemas de cultivo convencional e integrado tienden a mostrar prácticamente el mismo comportamiento fisiológico, observándose diferencias en el cultivo ecológico. Estas diferencias dan lugar en algunos casos a valoraciones positivas del ecológico respecto a los otros dos, y en otras ocasiones a una peor conservación en función del momento del corte (Artés *et al.*, 2005).

Capítulo 5

Resultados y discusión





5.1.- RESULTADOS DE LOS ENSAYOS 1999-2005

El conjunto de todas las actividades realizadas iba encaminado a la consecución del objetivo general de la tesis, que es el de obtener datos reales sobre las pérdidas por lixiviación de nitratos en un cultivo de pimiento bajo invernadero bajo diferentes condiciones de cultivo a fin de evaluar la posible contaminación de las aguas subterráneas y prevenirla, en base a unas recomendaciones derivadas de las distintas técnicas ensayadas.

A raíz de los ensayos se elaboró una información básica para estudiar el comportamiento de los nitratos en el suelo, la planta y el agua de drenaje en función de las dosis de abonado mineral y establecer recomendaciones de su uso en el ámbito de una agricultura respetuosa con el medio ambiente. Se analizan en este apartado conjuntamente los resultados de los cultivos implantados los años 1999, 2000, 2001, 2002, 2003 y 2004.

5.1.1.-Estudio de la aplicación de fertilizantes en los diferentes ensayos

La distribución de los fertilizantes se realizó en función de la técnica de cultivo y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los análisis de suelos.

Muestreo	g/m ²
N (autores)	40
P ₂ O ₅	6
K ₂ O	48
CaO	30
MgO	7
N (ensayo)	15

Como ya se ha dicho en el apartado de materiales y métodos, son muchos los factores que influyen en los ritmos de absorción de nutrientes por el cultivo: material vegetal, condiciones ambientales, calidad del agua de riego, técnicas de cultivo, etc., por lo que un calendario de fertilización no es lo más indicado. No obstante es la práctica más común en la zona, y la absorción de nutrientes se encuentra muy estudiada en el cultivo de pimiento de invernadero, por lo que es la que se ha empleado en los ensayos.

En lo que respecta a las extracciones del cultivo, ya

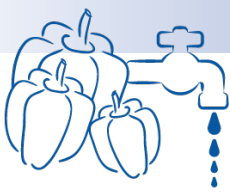
Tabla 49. Abonado recomendado para compensar las extracciones

determinadas en el apartado de materiales y métodos, se realizó un calendario de abonado para cubrir las extracciones del cultivo. En la tabla nº 49 se presenta el abonado recomendado para compensar las extracciones del cultivo de pimiento.

En la tabla nº 50, se representa el abonado que se ha aplicado cada año para cada unos de los tratamientos, expresado en g/m².

Años	Tratamiento	N g/m ²	P ₂ O ₅ g/m ²	K ₂ O g/m ²	CaO g/m ²	MgO g/m ²
1999	T-1	0	10	60	0	0
	T-2	15	10	60	27	0
	T-3	30	10	60	54	0
	T-4	45	10	60	81	0
2000	T-1	0	10	89	0	0,1
	T-2	15	10	89	27	0,1
	T-3	30	10	89	54	0,1
	T-4	45	10	89	81	0,1
2001	T-1	0	12	90	0	0,1
	T-2	14	12	90	26	0,1
	T-3	28	12	90	50	0,1
	T-4	41	12	90	75	0,1
2002	T-1 T-2 T-3	13	8	38	23	4
	T-E	0	0	0	0	0
2003	T-I	17	9	30	15	5
	T-C	34	17	60	30	10
2004	T-E	0	0	0	0	0
	T-I	15	8	27	14	5
	T-C	30	16	54	27	10

Tabla 50. Abonado aplicado durante cada año y para cada tratamiento.



En las siguientes gráficas se representa el abonado mineral aplicado durante cada cultivo y para cada tratamiento, expresado en g/m^2 :

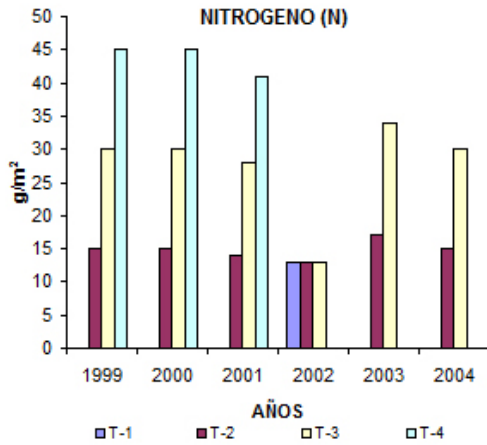


Figura 24. Abonado nitrogenado mineral aplicado durante cada año y para cada tratamiento.

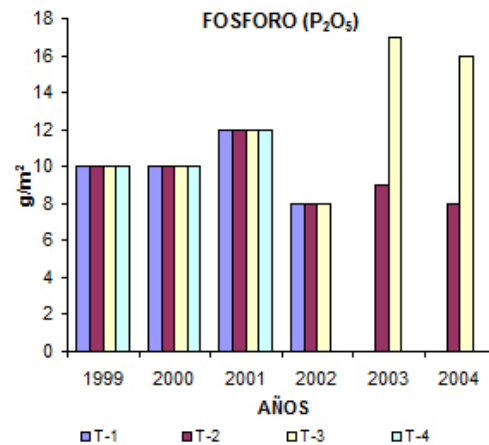


Figura 25. Abonado fosfórico mineral aplicado durante cada año y para cada tratamiento.

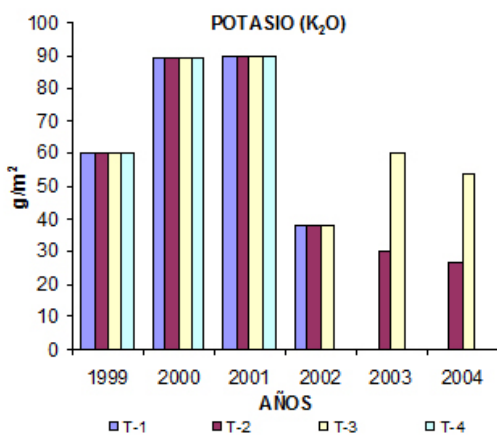


Figura 26. Abonado potásico mineral aplicado durante cada año y para cada tratamiento.

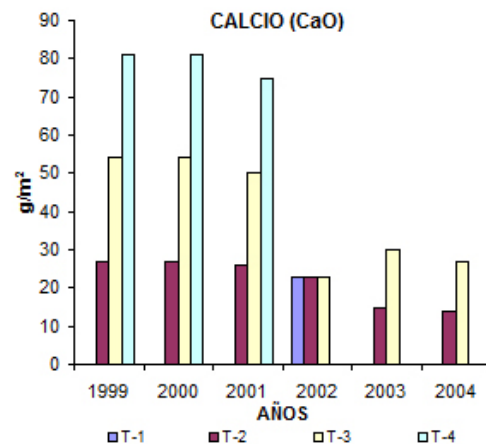


Figura 27. Abonado cálcico mineral aplicado durante cada año y para cada tratamiento.

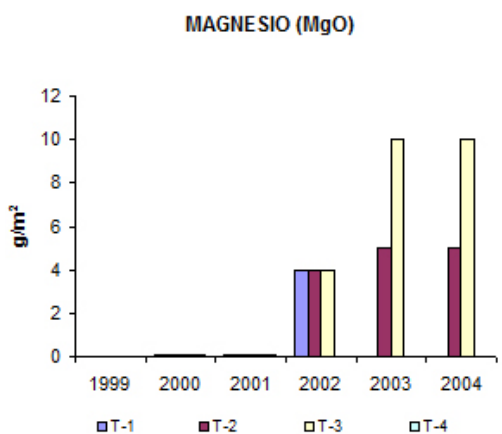
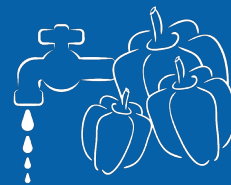


Figura 28. Abonado magnésico aplicado durante cada año y para cada tratamiento.

En estas cinco figuras (nº 24-28) se representan gráficamente las aportaciones realizadas de los diferentes elementos (P_2O_5 , K_2O , CaO , MgO y N), diferenciándose para los diferentes años del ensayo (1999-2004, refiriéndose el año a la fecha en que se realizó la plantación) y entre tratamientos. Como ya se ha comentado varias veces, los primeros tres años (1999, 2000 y 2001) únicamente cambió el nitrógeno mineral aplicado entre tratamientos (diferenciándose 4 tratamientos en el invernadero). En el año 2002 (cultivo de diciembre de 2002 a julio de 2003) se realizaron aplicaciones iguales en todos los tratamientos con las dosis consideradas óptimas de abonado mineral nitrogenado, y finalmente en los años

2003 y 2004 se ensayó con tres sistemas de cultivo (T-E cultivo ecológico, T-I cultivo integrado y T-C cultivo convencional), pero en este caso, si que se variaron las dosis de los diferentes elementos para cada tratamiento, no solo de nitrógeno como en las primeras anualidades.



A continuación se refleja gráficamente los resultados obtenidos los dos primeros años de ensayo, que nos llevaron a la conclusión de que en 1999 había que ajustar más adecuadamente el riego, y que este factor influía en la lixiviación de calcio, magnesio y nitratos, y además que era el nitrato el que más afectada veía su lixiviación por la dosis aplicada, posiblemente porque el calcio se encuentra muy abundantemente en el suelo. Con respecto al magnesio no varía su lixiviación por las bajas cantidades aplicadas.

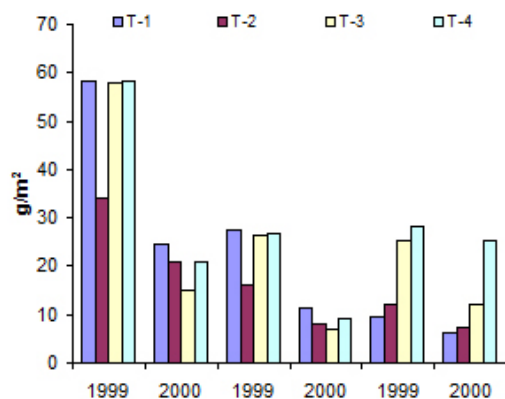


Figura 29. Lixiviados totales de iones (calcio, magnesio y nitratos) cada año y para cada tratamiento.

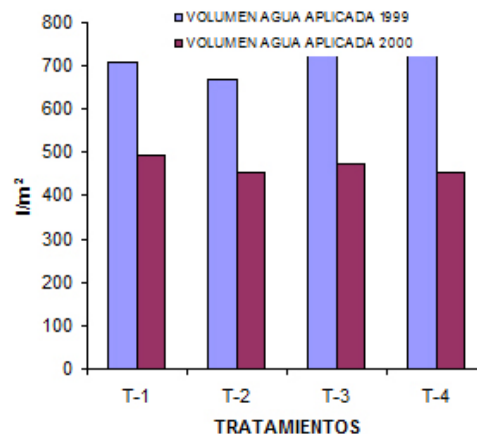


Figura 30. Volumen de agua aplicada. Años 1999 y 2000 (l/m²).

En la figura n° 29, se ha representado los lixiviados totales de cada elemento (calcio, magnesio y nitrógeno). Si comparamos esta gráfica con las figuras n° 27, 28 y 24, que corresponden respectivamente a las aportaciones de calcio, magnesio y nitrógeno, observando los datos de los años 1999 y 2000, puede verse que a una misma dosis de abonado, para cada tratamiento, se obtienen lixiviados diferentes. Es decir, que aportando igual dosis de estos tres elementos tenemos cantidades mayores en el año 1999. Este hecho se debe al volumen de agua aportado, que como se puede ver en la gráfica n° 30 es 200 l/m² superior en todos los tratamientos en el año 1999 que el año 2000.

5.1.2.-Estudio de los consumos de agua

A la hora de determinar la cantidad de agua utilizada en cada ensayo se midieron los volúmenes de agua aplicados en cada riego y se realizó la suma de todos ellas. Se intentaba dar riegos iguales en todas las parcelas, aun así se producían pequeñas diferencias no significativas de unas a otras debido sobre todo a las pérdidas de carga en las tuberías, variaciones de presión de la bomba, etc.

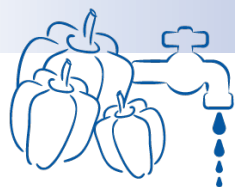
En las tablas siguientes se representa el volumen de riego aplicado al cultivo para cada año, todos los resultados están expresados en l/m².

TRATAMIENTO	AÑO 1999 (l/m²)	AÑO 2000 (l/m²)	AÑO 2001 (l/m²)
T-1 (2 y 5)	709,537 a	490,246 a	625,184 a
T-2 (1 y 6)	667,599 a	452,543 a	514,742 a
T-3 (4 y 7)	731,658 a	470,273 a	535,122 a
T-4 (3 y 8)	738,469 a	453,547 a	516,689 a
MEDIA (m³/ha)	7.118	4.666	5.479

Valores medios dentro de cada año con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí a $p < 0,05$, de acuerdo con el test de Tukey.
Tabla 51. Volumen de riego aplicado al cultivo para todo el ciclo. Años 1999, 2000 y 2001. Entre paréntesis los lixímetros ensayados.

TRATAMIENTO	AÑO 2002 (l/m²)	AÑO 2003 (l/m²)	AÑO 2004 (l/m²)
T-1 (1, 4 y 5)	573,454 a	652,757 a	568,051 a
T-2 (2 y 6)	516,336 a	652,570 a	535,337 a
T-3 (3, 7 y 8)	588,787 a	657,786 a	582,294 a
MEDIA (m³/ha)	5.595	6.543	5.618,94

Valores medios dentro de cada año con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí a $p < 0,05$, de acuerdo con el test de Tukey.
Tabla 52. Volumen de riego aplicado al cultivo para todo el ciclo. Años 2002, 2003 y 2004. Entre paréntesis los lixímetros ensayados.



Durante los ensayos, desde el año de plantación 1999 hasta el 2004, se aplicaron a lo largo de todo el cultivo, desde la plantación a la recolección (7 meses), una media de 58,26 m³ de agua por m² (5.826 m³/ha). Las variaciones entre años fueron debidas a la climatología, ya que se regó con la ETC. Esta buena homogeneidad en el riego entre los distintos tratamientos, lo que se pretendía al diseñar el experimento, significa que el factor manejo del riego no se puede considerar que haya influido sobre la producción y calidad de las cosechas de pimientos, al ser fijo para todos los tratamientos. Únicamente en 1999 parece que pudo aplicarse un exceso de riego, ajustando los cálculos en el resto de anualidades, al emplear la medida de la Epan de una cubeta situada en el interior del invernadero y no de la cubeta exterior del CIFEA de Torre Pachecho como se hizo en 1999.

A continuación, se va a comprobar si un mayor consumo de agua entre los diferentes años va relacionado con una mayor producción, para ello se va a comparar el volumen de agua aplicada con la producción, por un lado la producción del pimiento tipo Lamuyo y por otro lado la del tipo California, cuyos datos se reflejan en las siguientes tablas:

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL kg/m ²	VOLUMEN DE AGUA APLICADA	
		l/m ²	Litros agua/kg producto
T-1	8,076	709,537	87,857
T-2	8,360	667,599	79,856
T-3	6,448	731,658	113,471
T-4	6,956	738,469	106,163
MEDIA	7,460	711,8	96,837

Tabla 53. Producción total respecto al volumen de riego aplicado.
Año 1999 (campaña 1999-2000).

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL kg/m ²	VOLUMEN DE AGUA APLICADA	
		l/m ²	Litros agua/kg producto
T-1	5,841	490,246	83,932
T-2	5,769	452,543	78,444
T-3	5,649	470,273	83,249
T-4	5,100	453,547	88,931
MEDIA	5,589	466,6	83,639

Tabla 54. Producción total respecto al volumen de riego aplicado.
Año 2000 (campaña 2000-2001).

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL kg/m ²	VOLUMEN DE AGUA APLICADA	
		l/m ²	Litros agua/kg producto
T-1	8,540	625,184	73,207
T-2	9,087	514,742	56,646
T-3	8,291	535,122	64,543
T-4	7,914	516,689	65,288
MEDIA	8,458	547,9	64,921

Tabla 55. Producción total respecto al volumen de riego aplicado.
Año 2001 (campaña 2001-2002).

Como puede verse en estas tres tablas que representan a la producción del tipo Lamuyo, la cantidad de agua no implica una mayor producción. Es decir, el aumento del volumen de agua no provocó un aumento en la producción, incluso se puede decir que un aumento de la cantidad de agua



provoca una menor cantidad de kg/m² producidos. Por ejemplo; en la tabla n° 53 se puede ver que con el tratamiento 3, se necesitan 113,471 litros de agua para producir 1 kg de pimiento, en cambio, en la tabla n° 55, tratamiento 3, se ve como se necesitan 64,543 litros de agua para producir 1 kg de pimiento, es decir, se reduce el gasto de agua un 50%, una vez estaba ajustado el método de programación del riego.

Seguidamente se reflejan los datos de producción, volumen de agua aplicada y l/kg para los años de ensayo 2002, 2003 y 2004.

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL kg/m ²	VOLUMEN DE AGUA APLICADA	
		l/m ²	Litros agua/kg producto
T-1	10,055	573,454	57,032
T-2	10,574	516,336	48,831
T-3	9,485	588,787	62,076
MEDIA	10,038	559,5	55,979

Tabla 56. Producción total respecto al volumen de riego aplicado. Año 2002 (campana 2002-2003).

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL kg/m ²	VOLUMEN DE AGUA APLICADA	
		l/m ²	Litros agua/kg producto
T-E	10,101	652,757	65,13
T-I	7,857	652,57	83,05
T-C	7,894	657,786	83,33
MEDIA	8,62	654,3	73,17

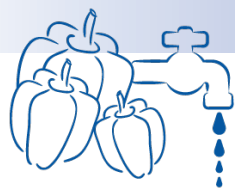
Tabla 57. Producción total respecto al volumen de riego aplicado. Año 2003 (campana 2003-2004).

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL kg/m ²	VOLUMEN DE AGUA APLICADA	
		l/m ²	Litros agua/kg producto
T-E	7,958	571,270	71,786
T-I	8,126	514,151	63,272
T-C	8,740	582,294	66,624
MEDIA	8,275	555,9	67,227

Tabla 58. Producción total respecto al volumen de riego aplicado. Año 2004 (campana 2004-2005).

Como puede observarse en las tablas anteriores, en las que se representa el volumen de agua aportado y la producción de pimiento del tipo 'California', como había dicho anteriormente para el tipo 'Lamuyo', la producción tampoco se ve aumentada cuando se aplica más cantidad de agua. Por ejemplo en la tabla n° 56 tratamiento 1 se aplican 573,454 l/m² de agua y se obtienen 10,055 kg/m² de pimiento (se necesitan 57,032 litros de agua para producir 1 kg de pimiento), en cambio, en la tabla n° 58, tratamiento 1, gastando 568,051 l/m² se obtiene una producción de 7,958 kg/m², es decir, se necesitan 71,381 litros de agua para producir 1 kg de pimiento.

Definimos el consumo de agua como la diferencia entre el volumen de agua aportado en el riego y el volumen de agua lixiviado. No se ha considerado la variación de humedad en el suelo entre los momentos inicial y final, asumiendo que durante el ensayo tuvo un valor casi constante. Teniendo en cuenta esto se han elaborado las tablas n° 59 y 60, en las que se refleja la aplicación de agua media por tratamiento, el volumen lixiviado, el consumo de agua y el consumo unitario de agua (expresada en litros de agua consumida por cada kilogramo de pimientos en producción comercial).



TRATAMIENTO	Agua aplicada (l/m ²)	Volumen lixiviado (l/m ²)	Consumo de agua (l/m ²)	Consumo unitario (l/kg)
T-1	608,3 a	132,1 a	476,2 a	70,74 a
T-2	544,9 a	66,2 a	478,7 a	79,98 a
T-3	579,0 a	89,3 a	489,7 a	72,27 a
T-4	569,5 a	102,1 a	467,5 a	79,08 a
MEDIA (m³ /ha)	5.754,2	974,3	4.780,3	75,51

Valores medios con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí a $p < 0,05$, de acuerdo con el test de Tukey.

Tabla 59. Consumos de agua y volumen lixiviado. Media años 1999, 2000 y 2001

TRATAMIENTO	Agua aplicada (l/m ²)	Volumen lixiviado (l/m ²)	Consumo de agua (l/m ²)	Consumo unitario (l/kg)
T-1	599,1 a	132,8 a	466,3 a	113,8 a
T-2	561,0 a	110,7 a	450,2 a	113,7 a
T-3	609,6 a	130,5 a	480,4 a	154,1 a
T-4	599,1 a	132,8 a	466,3 a	113,8 a
MEDIA (m³ /ha)	5.899,0	1.246,6	4.656,3	127,20

Valores medios con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí a $p < 0,05$, de acuerdo con el test de Tukey.

Tabla 60. Consumos de agua y volumen lixiviado. Media años 2002, 2003 y 2004

El análisis de estos datos deja sin prueba suficiente la hipótesis de relación entre la producción comercial de pimientos y el agua consumida en las condiciones del ensayo. Esta afirmación se halla dentro de la lógica de los hechos analizados, puesto que, al fin y al cabo, el agua drenada en los lixímetros es el agua gravitacional o no útil. Por tanto, cabe mantener que las unidades experimentales recibieron el agua suficiente para mantener el cultivo y que fue sensiblemente igual en los distintos tratamientos (lo cual era el objetivo del riego, que se pretendía no actuara como variable diferencial del ensayo).

En la tabla nº 61 se representa el porcentaje de agua lixiviada respecto de la aplicada para el conjunto de anualidades, el porcentaje normal está en torno al 15-25% de agua de drenaje.

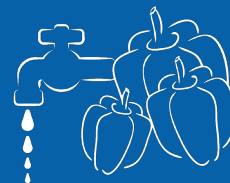
Años del ensayo	Agua aplicada (m ³ /ha)	Volumen lixiviado (m ³ /ha)	% de agua lixiviada
1999	7.118,158 c	1.591,38 b	22,356 bc
2000	4.666,524 a	725,370 a	15,544 ab
2001	5.479,344 ab	606,310 a	11,065 a
2002	5.595,254 b	937,518 a	16,755 b
2003	6.543,709 c	1.948,213 b	29,772 c
2004	5.618,94 b	855,223 a	15,220 ab

Valores medios con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí a $p < 0,05$, de acuerdo con el test de Tukey.

Tabla 61. Porcentaje de agua aplicada/ agua lixiviada para los 6 años del ensayo.

Como puede observarse todos los años excepto el 2001 que algo escaso y el 2003 que es algo excesivo están dentro del rango del 15-25% de drenaje.

En las figuras nº 31 y 32 se observa la diferencia entre el volumen de agua aplicado y el lixiviado, que ha supuesto como término medio un 18,35% del agua aplicada para los tres primeros años (1999,



2000 y 2001) y un 20,63% para los otros tres años (2002, 2003 y 2004). Este porcentaje de agua drenada puede considerarse normal para este tipo de suelos y cultivo e indica que el riego se ha realizado adecuadamente y el efecto de la lixiviación de nitratos del ensayo no se puede atribuir a un exceso de riego y sí a un exceso de abonado.

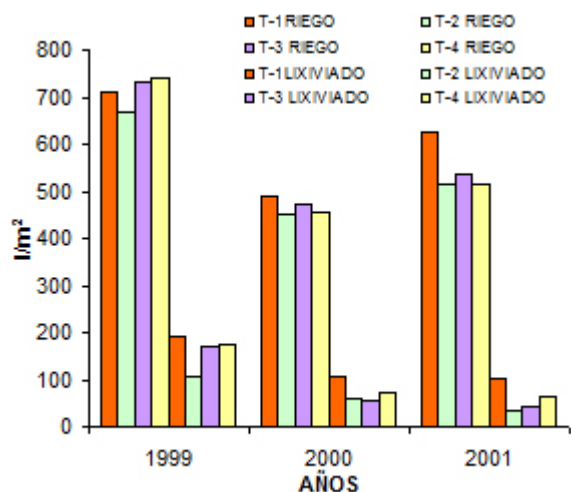


Figura 31. Volumen de agua aplicado y lixiviado años 1999, 2000 y 2001 (l/m²).

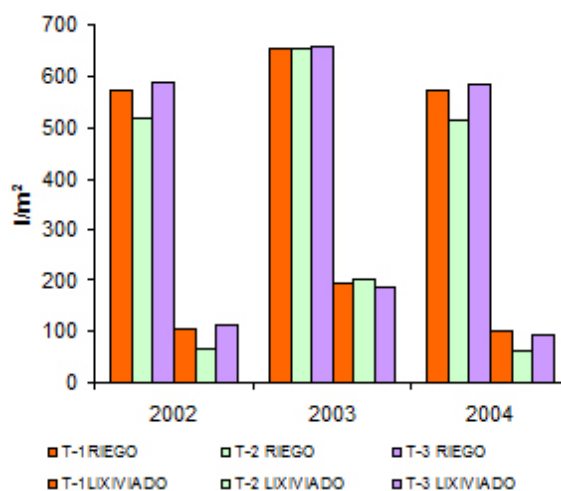


Figura 32. Volumen de agua aplicado y lixiviado años 2002, 2003 y 2004 (l/m²).

Viendo estas dos figuras (nº 31 y 32) se observa, como era de esperar, que una mayor cantidad de agua aportada va acompañada de una mayor cantidad de lixiviado (que no significa de nitratos lixiviados, pues estos no dependen solo del volumen, sino también de la concentración). Las barras del mismo color representan un mismo tratamiento, las largas son el riego aportado, mientras que las cortas, son los lixiviados. El agua consumida (aportada - lixiviada) es prácticamente coincidente entre tratamientos.

5.1.3.-Estudio comparativo de la EPAN exterior y la EPAN interior

El invernadero en su interior, como he descrito en el apartado de materiales y métodos, tenía un tanque evaporimétrico “Clase A”, y así, por medio de los datos recopilados diariamente del tanque del invernadero, se podía calcular la Epan interior. Además como próximo al invernadero en el exterior teníamos una estación meteorológica con otro tanque evaporimétrico “Clase A”, en el que también se tomaban lecturas diariamente, se podía calcular la Epan exterior de la zona, pudiendo contrastar ambos resultados.

En las figuras nº 33, 34, 35 y 36 que se presentan a continuación, se representa la Epan interior y exterior de cada año.

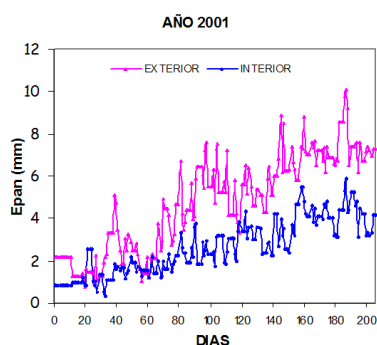


Figura 33. Evolución de la Epan interior y Epan exterior durante el periodo del ensayo año 2001.

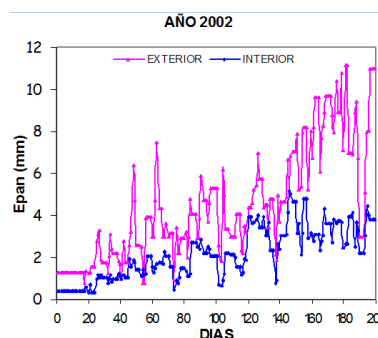


Figura 34. Evolución de la Epan interior y Epan exterior durante el periodo del ensayo año 2002.

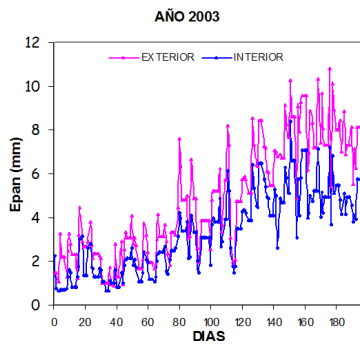
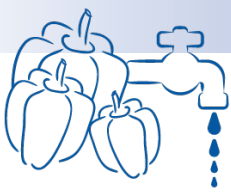


Figura 35. Evolución de la Epan interior y Epan exterior durante el periodo del ensayo año 2003.

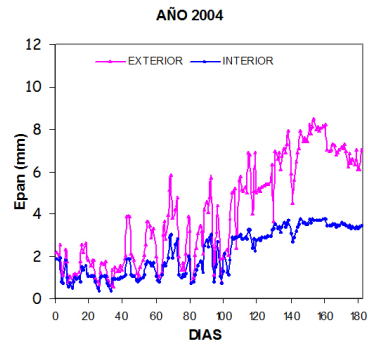


Figura 36. Evolución de la Epan interior y Epan exterior durante el periodo del ensayo año 2004.

Como puede observarse la Epan exterior es siempre superior a la Epan interior debido sobre todo a la K_p , es decir, al coeficiente de cubeta, relacionado con las condiciones de humedad relativa, viento y ambiente circundante a la cubeta. Este hecho se debe a que en el invernadero estamos en un lugar confinado (velocidad del viento menor de 175 km/día, dependiendo del grado de apertura de la ventilación) con una velocidad del viento débil, mientras que en el exterior la velocidad del viento está comprendida entre 175-700 km/día, es decir, de media a muy alta. Por este motivo en el exterior es mayor la Epan que en el interior, a pesar de hacer más calor en el interior del invernadero.

Estos resultados nos llevaron a la determinación de que es más adecuado calcular el riego con los datos de evaporación de la cubeta del interior del invernadero que con los de la cubeta exterior o que datos de estaciones climáticas al aire libre, como se hizo en 1999, resultando el riego y por lo tanto el lixiviado más ajustado en el resto de anualidades en las que se utilizó la cubeta exterior.

5.1.4.-Temperatura, humedad y radiación. Año 2005

Se ha creído conveniente aquí reflejar gráficamente los datos climáticos en el interior del invernadero de parte de una anualidad, con el objetivo de tener una visión gráfica de los extremos que pueden llegar a alcanzarse en un cultivo de invernadero, que requiere por ello de una mayor atención por parte de los agricultores.

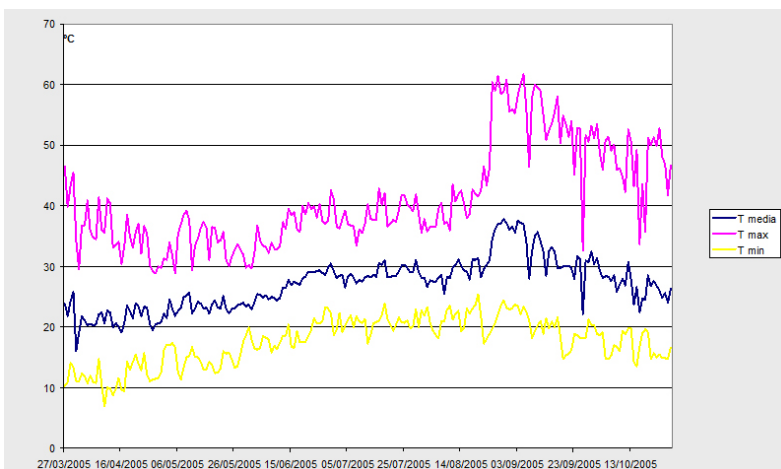


Figura 37. Gráfica diaria de temperaturas en el interior del invernadero. Año 2005 (campaña 2004-2005).

DATOS DIARIOS DE TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA Y RADIACIÓN EN EL INTERIOR DEL INVERNADERO. AÑO 2005 (de marzo a octubre).

Se observa como incluso en primavera pueden llegar a alcanzarse temperaturas por debajo de los 10°C, que paralizan el crecimiento del cultivo y, en cambio, en verano podemos tener momentos puntuales en que la temperatura se acerca a los 45 °C,

dando lugar a caída de flores, quemaduras, estrés hídrico, etc. La brusca subida de la temperatura desde principios de septiembre, que se mantiene hasta mediados de octubre, con picos cercanos a los 60 °C se debe a que el invernadero se cerró completamente para realizar la biofumigación.

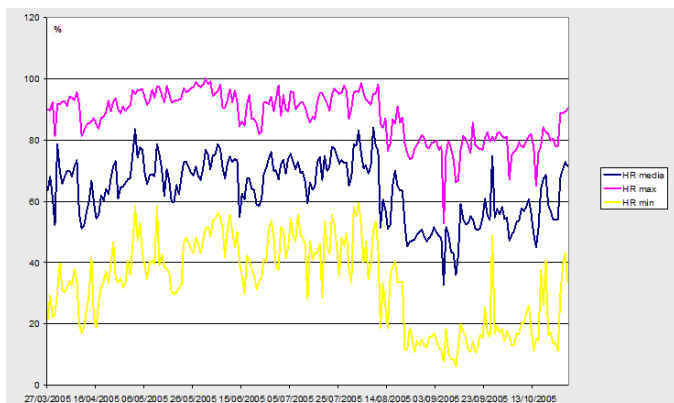
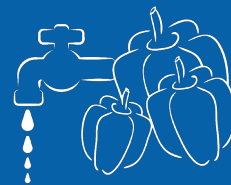


Figura 38. Gráfica diaria de humedades relativas en el interior del invernadero. Año 2005 (campaña 2004-2005).

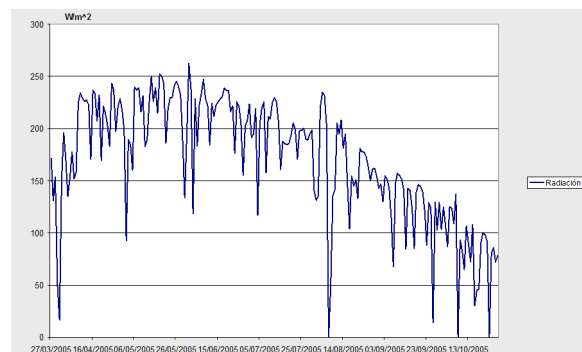


Figura 39. Gráfica diaria de radiación en el interior del invernadero. Año 2005 (campaña 2004-2005).

La humedad relativa media se mantiene bastante constante a lo largo del ciclo de cultivo. Se observa como a partir de mediados de agosto, cuando se cierra el invernadero para biofumigar, la humedad relativa desciende bruscamente, para pasar de una media del 60-80% a una media del 40-60% hasta que se abre el invernadero, con humedades relativas mínimas que llegan a estar por debajo del 10%.

Se observa como la radiación va directamente relacionada con la duración de los días, ascendiendo en primavera y descendiendo a partir de mediados de agosto, en que los días empiezan a acortarse, siendo mínima en la gráfica cuando los días son más cortos.

DATOS MENSUALES DE TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA Y RADIACIÓN EN EL INTERIOR DEL INVERNADERO. AÑO 2005.

Se observa como la temperatura mensual media durante la etapa de cultivo (marzo-julio) oscilaba entre los 20 y 30 °C, estando las mínimas casi siempre por encima de los 10 °C, lo que se consideran las condiciones idóneas para el buen manejo del cultivo, a pesar de que pueda haber picos diarios muy distanciados de este rango.

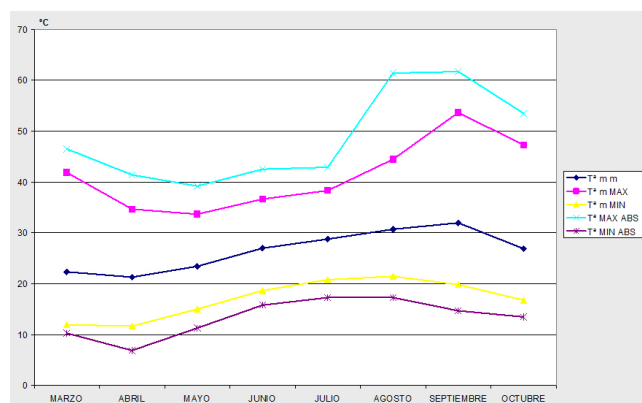


Figura 40. Gráfica mensual de temperaturas en el interior del invernadero. Año 2005 (campaña 2004-2005).

La humedad relativa media mensual, al igual que la diaria, se mantiene bastante constante a lo largo del ciclo de cultivo. Se observa como a partir de mediados de agosto, cuando se cierra el invernadero para biofumigar, la humedad relativa desciende bruscamente, para pasar de una media del 60-80% a una media del 40-60% hasta que se abre el invernadero, con humedades relativas mínimas que llegan a estar por debajo del 10%

Al igual que en la gráfica diaria, se observa como la radiación mensual va directamente relacionada con la duración de los días, ascendiendo en primavera y descendiendo a partir de mediados de agosto, en que los días empiezan a acortarse, siendo mínima en la gráfica cuando los días son más cortos. La radiación máxima se produce en los meses de junio y julio.

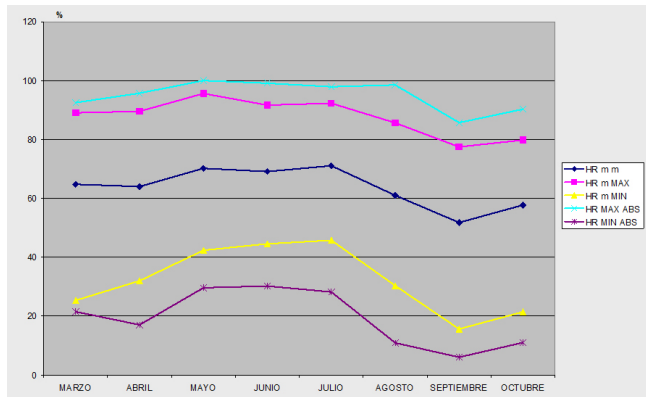
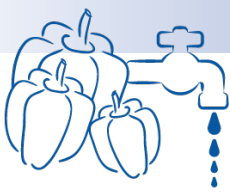


Figura 41. Gráfica mensual de humedades relativas en el interior del invernadero. Año 2005 (campaña 2004-2005)

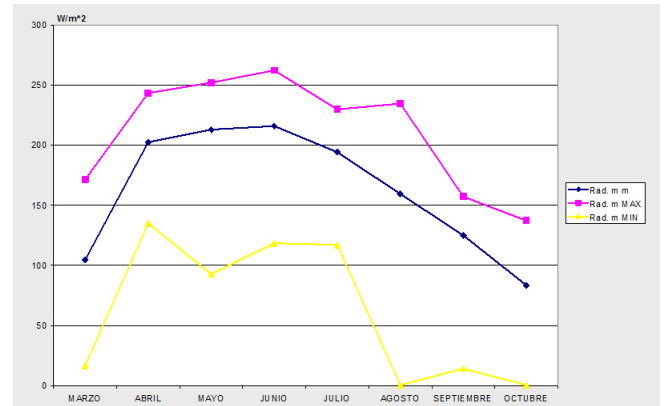


Figura 42. Gráfica mensual de radiación el interior del invernadero. Año 2005 (campaña 2004-2005).

5.1.5.-Estudio de la información analítica de los lixiviados

Se refleja aquí el estudio de los nitratos lixiviados (concentración y volumen) realizado los años 1999, 2000 y 2001, y también el de la anualidad 2004 (campaña 2004-2005), siendo la cantidad de nitrato lixiviado el resultado de medir el volumen anual lixiviado multiplicado por la concentración de nitratos analizada en cada una de las muestras con el espectrofotómetro. La figura n° 43 resume los datos globales obtenidos de lixiviación de nitratos para cada repetición y tratamiento en las anualidades 1999, 2000 y 2001, en las que los tratamientos consistían en cuatro dosis de abonado mineral nitrogenado diferentes.

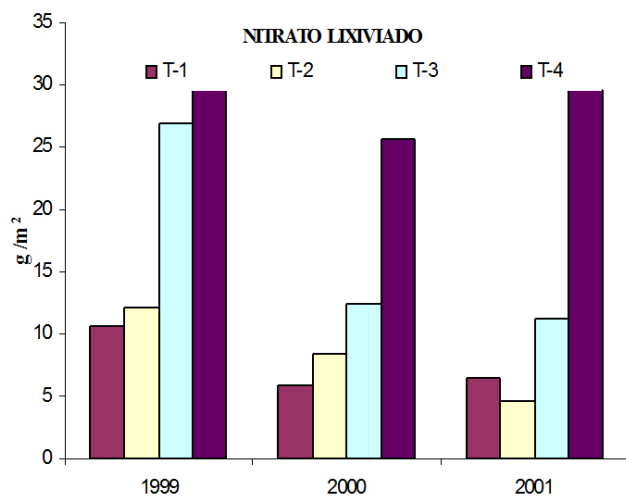


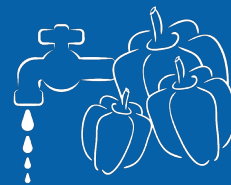
Figura 43. Nitrato lixiviado en los 4 tratamientos del ensayo, para los años 1999, 2000 y 2001.

Al nivel de 95% hay un efecto significativo de los tratamientos con nitrógeno sobre la cantidad de nitrato lixiviado durante el ensayo. La lixiviación total de nitrato está en relación directa con la cantidad de nitrógeno con que se abonó cada lixímetro. Estos datos y el ANOVA de los mismos se verán con más detalle en el conjunto de todas las anualidades en el apartado de análisis estadísticos de esta tesis.

El suelo donde se desarrollaron los ensayos tenía un alto potencial de fijación y transformación de nitrógeno, por lo que el abonado con este elemento debía programarse de manera que la emisión al medio ambiente fuera lo más pequeña posible.

RELACIÓN ENTRE EL NITRATO APORTADO Y EL LIXIVIADO. AÑOS 1999, 2000 Y 2001.

En lo que respecta a la relación entre el nitrato aportado y el lixiviado, en la tabla n° 62 se observan los datos medios obtenidos en cuanto al volumen lixiviado, concentración media de NO_3^- y la relación de valores de nitrato aportado y el cálculo de nitrato lixiviado, por tratamiento y para todos los lixímetros.



Tratamiento	[NO ₃ -] media en los lixiviados (ppm)	Volumen medio lixiviado (l/m ²)	Nitrato lixiviado (g/m ²)	Nitrato aportado (g/m ²)	Relación nitrato lixiv. /aportado (%)
T-1	66,115 a	132,1 a	7,169 a	0	---
T-2	113,274 a	66,2 a	7,872 a	71,936 a	10,943 a
T-3	210,610 b	89,3 a	15,875 ab	142,482 b	11,142 a
T-4	302,473 b	102,1 a	25,863 b	213,321 c	12,124 a

Valores medios con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí a $p < 0,05$, de acuerdo con el test de Tukey.

Tabla 62. Nitrato aportado y lixiviado medio años 1999, 2000 y 2001.

La expresión cuantitativa del nitrato lixiviado, como se dijo, es el resultado de multiplicar la concentración de nitrato por el volumen de lixiviado día a día, expresado todo ello en gramos de nitratos. Si comparamos con la columna de nitrato aportado por tratamiento, expresada en g de nitrato, se pone de manifiesto que los sistemas estudiados vertían al exterior cantidades considerables de este elemento, que variaban entre el 10,943% y el 12,124% del nitrógeno aportado, yendo desde los 7,169 g/m² de pérdidas para el T-1 a los 25,863 g/m² de media del T-4. Es reseñable ver cómo incluso el tratamiento sin abonado nitrogenado daba un lixiviado considerable de nitratos en el drenaje, como resultado del N procedente de la mineralización de la materia orgánica aportada, de la materia orgánica del suelo y el procedente del agua de riego.

Lo anterior permite considerar al suelo cultivado como un suministrador de nitrato hacia el exterior, cuyo suministro depende de la aportación del nutriente y del volumen de agua lixiviado, aunque esa relación no es absoluta, pues cabe la posibilidad de que junto al nitrógeno del abonado mineral operen en los sistemas estudiados fracciones de nitrógeno mineralizado y de nitrógeno fijado cuya cuantificación no puede ser abordada a partir de los datos de este ensayo, además de la correspondiente aplicación de nitrógeno con el estiércol y el agua de riego.

A partir del análisis de la varianza se aprecia un efecto significativo de los tratamientos con nitrógeno sobre la cantidad de nitrato lixiviado durante el ensayo, como cabía esperar. La figura nº 44 también muestra gráficamente la relación entre el nitrato aportado (NO₃⁻) y el nitrato lixiviado, correspondiente a cada tratamiento. Del estudio estadístico de su relación se deduce que la lixiviación total del nitrato está en relación directa con la cantidad de nitrógeno aportado, hecho totalmente lógico.

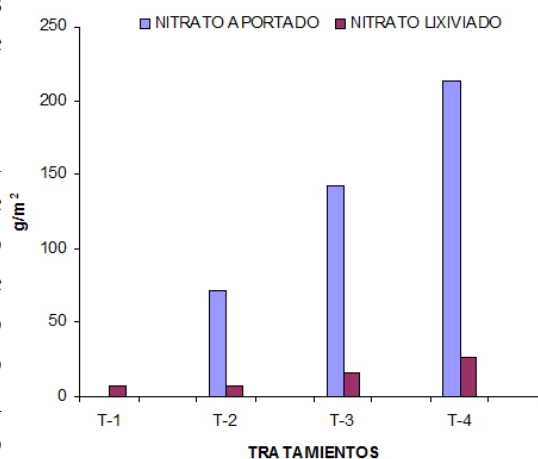


Figura 44. Representación de la cantidad de nitrato aportado y lixiviado para los diferentes tratamientos, media de los años 1999, 2000 y 2001.

En cuanto a otros iones, también se ha estudiado la lixiviación del Calcio (Ca⁺²), Magnesio (Mg⁺²), Potasio (K⁺) y Sodio (Na⁺). En las figuras que se presentan a continuación, se representa la cantidad de calcio (figura nº 45), Magnesio (figura nº 46), Potasio (figura nº 47) y Sodio (figura nº 48) total, expresada en “ppm” que se han lixiviado durante cada uno de los periodos que estuvo el ensayo (años 1999 y 2000).

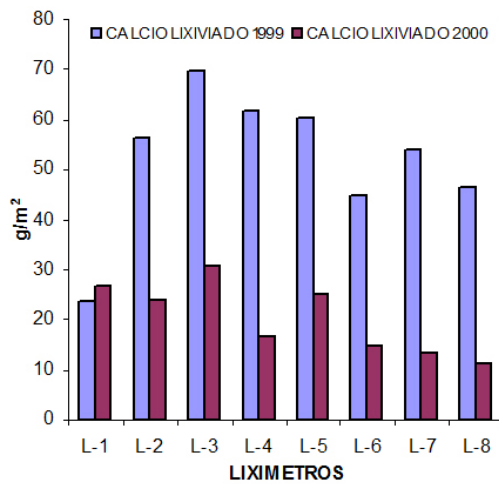
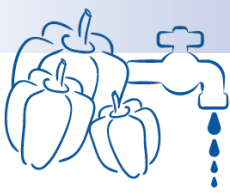


Figura 45. Cantidad de calcio (Ca^{2+}) total lixiviado, años 1999 y 2000.

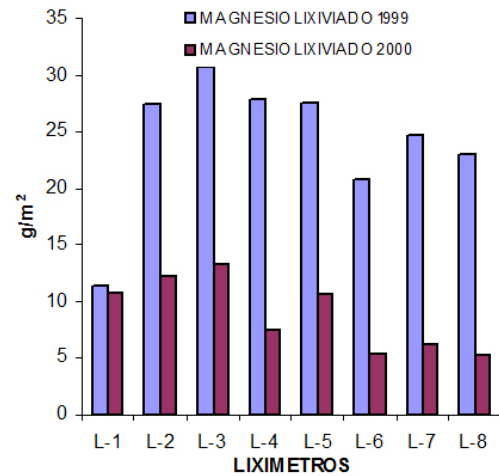


Figura 46. Cantidad de Magnesio (Mg^{2+}) total lixiviado, años 1999 y 2000.

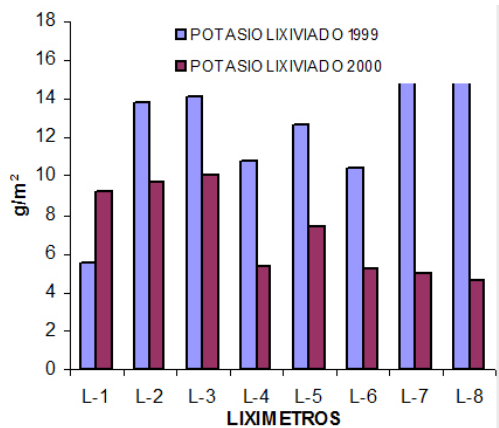


Figura 47. Cantidad de Potasio (K^+) total lixiviado, años 1999 y 2000.

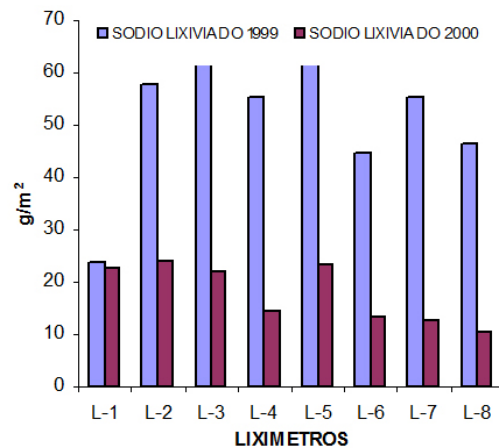


Figura 48. Cantidad de Sodio (Na^+) total lixiviado, años 1999 y 2000.

Como puede observarse en estas 4 gráficas, las pérdidas de estos iones varían de forma considerable de un año a otro. Como ya se ha comentado anteriormente en el apartado de materiales y métodos, estos dos años (1999 y 2000), se estuvieron aplicando dosis muy similares de estos iones en todos los lixímetros y en los dos años a los que me estoy refiriendo. Por lo tanto, deberían salir pérdidas similares en todos los lixímetros y en los dos años, así que las diferencias que aparecen se deben a las diferentes dosis de riego aplicadas, consecuencia de haber calculado la Epan exterior para programar el riego en 1999 y la Epan interior en 2000. A continuación se va a mostrar en la figura nº 49 las dosis de agua aplicadas a cada lixímetro durante los años 1999 y 2000.

Viendo la figura nº 49, se puede observar como la cantidad de iones (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+) que se lixivian (gráficas 45, 46, 47 y 48) van estrechamente relacionados con la cantidad de agua aplicada, verificándose como se esperaba cómo a mayor dosis de riego se lixivian más iones. Por

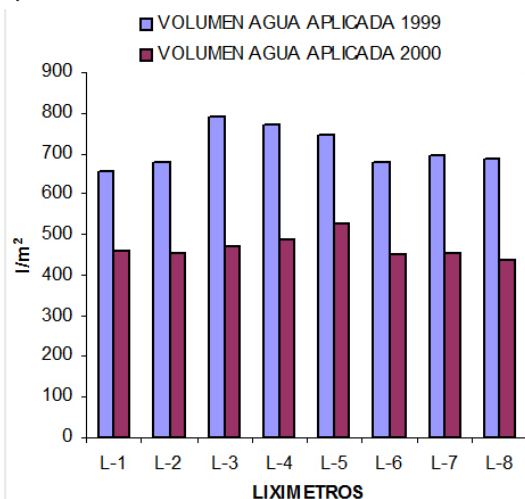


Figura 49. Representación de la cantidad de agua aplicada, media de los años 1999 y 2000 por lixímetros.



ejemplo; para un volumen de casi 800 l/m² (L-3, año 1999) se han lixiviado 70 g/m² de Ca⁺², 14 g/m² de Mg⁺², 30 g/m² de K⁺ y 62 g/m² de Na⁺, en cambio, para un volumen de 435 l/m² (L-8, año 2000) se han lixiviado 11 g/m² de Ca⁺², 4,5 g/m² de Mg⁺², 5 g/m² de K⁺ y 10 g/m² de Na⁺.

En la figura número 50 se representa el PH del suelo medio de los 8 lixímetros a tres profundidades y para 4 periodos de cultivo dentro del año 2000-2001, observándose cómo el PH medio del suelo ronda el valor de 7,6 y que el PH en la capa superficial (0-20 cm) es ligeramente inferior al de las capas profundas, posiblemente por ser la zona de fertirrigación, ya que la mayoría de los abonos son acidificantes.

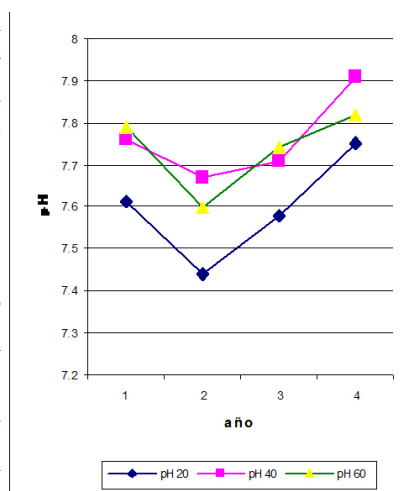


Figura 50. Variaciones medias de PH para los 8 lixímetros en 4 periodos de cultivo a tres profundidades.

El la figura n° 51 se observa claramente como la concentración de nitratos es mayor en las capas superficiales (0-20 cm) que en las profundas, a lo largo del cultivo, por ser la zona donde están la mayor parte de las raíces y donde se aplica el abonado mineral. Se observa también una disminución de los nitratos en el suelo al final del cultivo en relación con el comienzo del mismo, como consecuencia lógica de las extracciones realizadas por el cultivo.

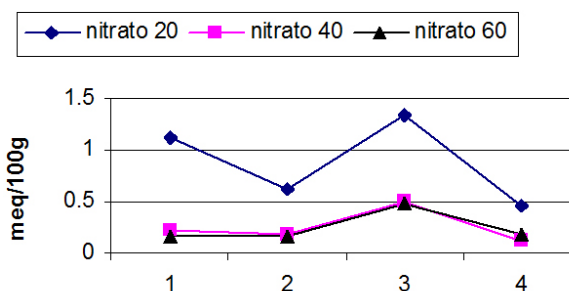


Figura 51. Variaciones medias de nitratos (meq/100g) para los 8 lixímetros en 4 periodos de cultivo a tres profundidades.

El la figura n° 52 se observa como la materia orgánica del suelo a 40 cm se mantiene entre los valores de 1,5 y 2%, debiéndose las diferencias posiblemente a la toma de muestras más que a variaciones a lo largo del ciclo, como la densidad aparente del suelo a 40 y 60 cm es igual y además se mantiene casi constante, como cabía de esperar y como el porcentaje de nitrógeno varía poco a la profundidad de 40 cm a lo largo del ciclo de cultivo. No obstante, los datos de la tabla corresponden a una única anualidad y no son suficientes para sacar conclusiones más generales al respecto.

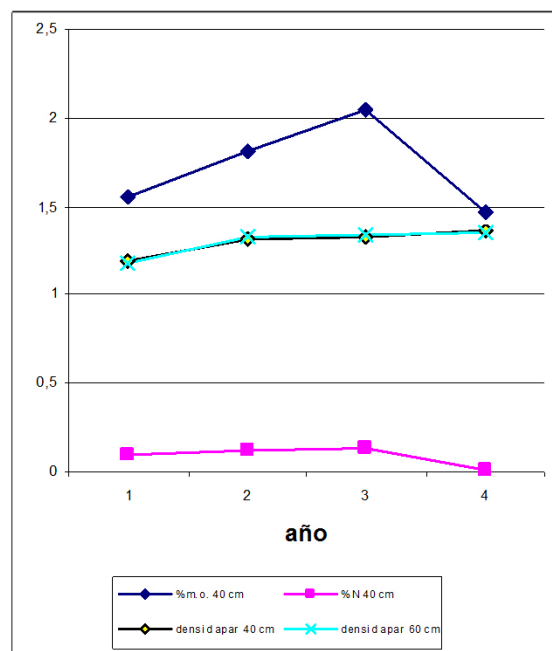


Figura 52. Evolución de la materia orgánica, N total y densidad aparente en 1 periodo de cultivo.

GRÁFICAS DE CONCENTRACIÓN Y CANTIDAD DE NITRATOS LIXIVIADOS. AÑO 2004 (CAMPAÑA 2004-2005).

Durante el año 2004 (campaña de cultivo que va desde diciembre de 2004 hasta julio de 2005), en que los tratamientos consistían en tres tipos de cultivo (ecológico, integrado y convencional), también se pudo realizar el seguimiento completo de los nitratos lixiviados (volumen recogido en los lixímetros y concentración medida en el espectrofotómetro), reflejándose los datos en las siguientes gráficas.

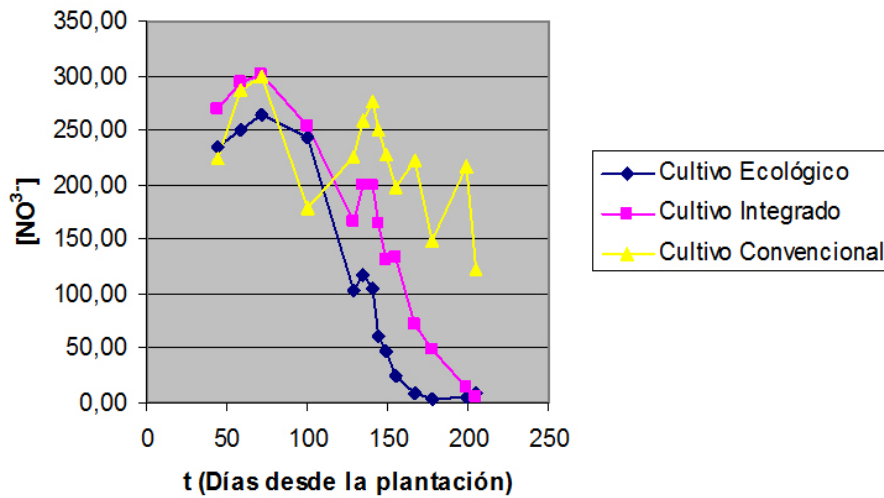
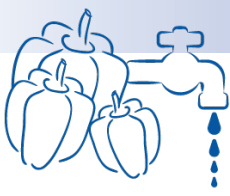


Figura 53. Concentración de nitratos lixiviados en cada muestra. Campaña 2004-2005.

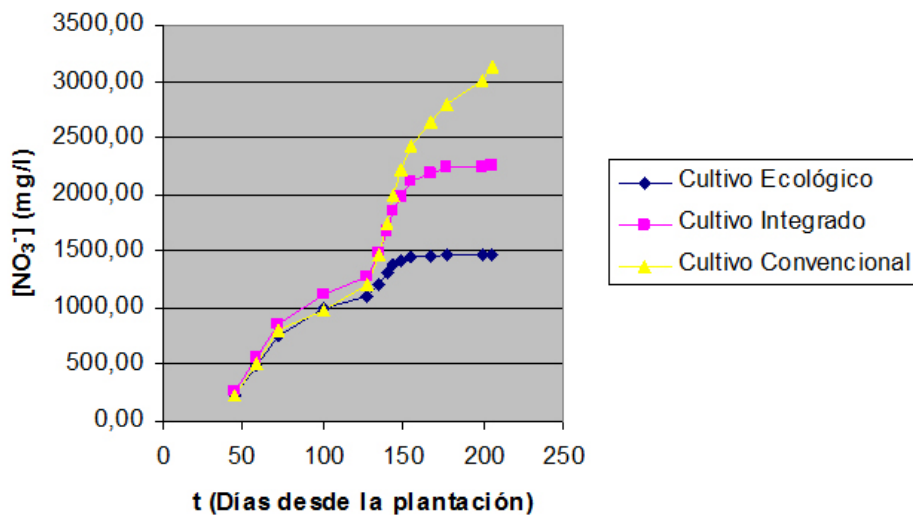


Figura 54. Evolución de la concentración acumulada de nitratos lixiviados. Campaña 2004-2005.

Como se dijo, la concentración de nitratos se medía analizando todas las muestras de lixiviado en el espectrofotómetro. De la tabla nº 53 se infiere una clara disminución de la concentración de nitratos en los lixiviados del cultivo ecológico y algo menor en el integrado, desde valores que rondan las 250 ppm al inicio del cultivo hasta mínimos cercanos a cero al final del mismo, como consecuencia de las extracciones producidas por el propio cultivo, que esquilman el suelo de este elemento. El cultivo convencional, en cambio, no tiene una disminución tan acusada, debido a que los aportes de nitratos son superiores a lo consumido por el cultivo. Como consecuencia de ello en la tabla nº 54 se observa como la concentración acumulada de nitratos es muy superior en el cultivo convencional (llegando a 350 ppm) que en el integrado (llegando a 220 ppm) y en este muy superior al cultivo ecológico, donde apenas si alcanza las 150 ppm.

En la figura nº 55 se reflejan los datos de cantidad de nitratos lixiviados en g/ha para cada una de las recogidas de muestras a lo largo del ciclo de cultivo de la campaña 2004-2005, como resultado de la multiplicación para cada una de las muestras tomadas del volumen de lixiviado recogido medido en los contadores y la concentración del mismo medida en el espectrofotómetro. Se observa claramente

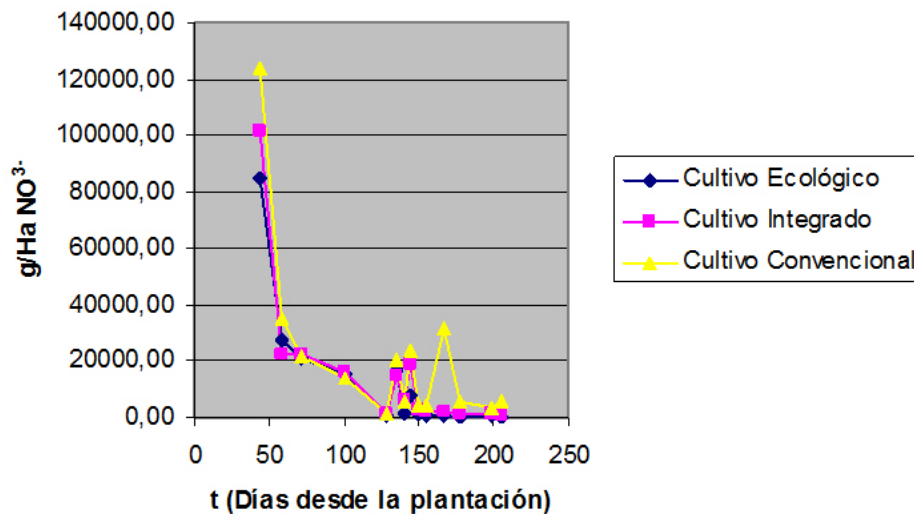
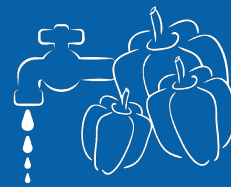


Figura 55. Cantidad de nitratos lixiviados en cada muestra. Campaña 2004-2005.

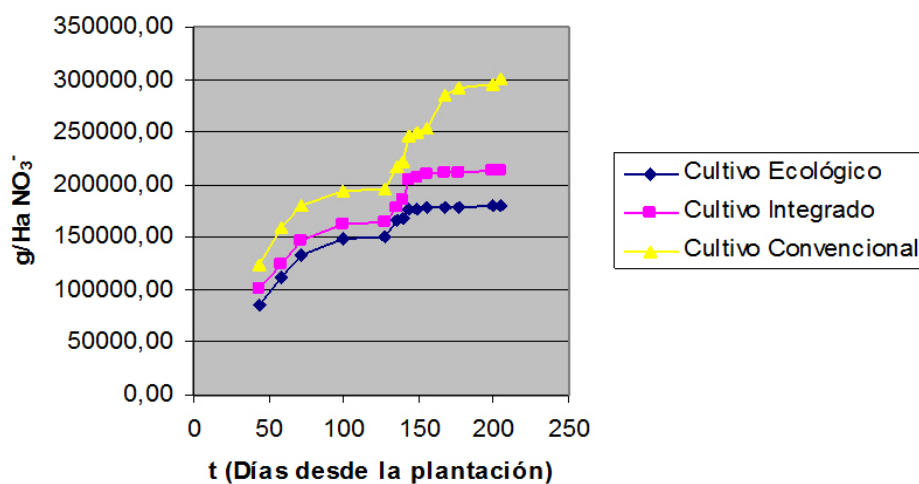
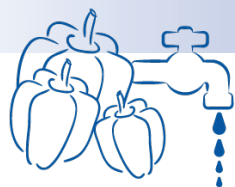


Figura 56. Evolución de la cantidad acumulada de nitratos lixiviados. Campaña 2004-2005.

como es en las primeras etapas del cultivo cuando más nitratos percolan, disminuyendo conforme el cultivo crece y demanda más nitrógeno.

En la figura n° 56 se reflejan los datos de cantidad de nitratos lixiviados acumulada en g/ha para cada una de las recogidas de muestras a lo largo del ciclo de cultivo de la campaña 2004-2005, apreciándose claramente como es mucho mayor en el cultivo convencional (donde llega a 300 kg/ha de nitratos lixiviados) que en el integrado (220 kg/ha) y el ecológico, donde ronda los 170 kg/ha. Esto indica que hay una sobrefertilización muy clara en el cultivo convencional de este elemento y unas pérdidas considerables en el cultivo ecológico e integrado que es necesario cuantificar a la luz de los datos aportados por todas las experiencias.



5.1.6.-Efecto de los tratamientos sobre la producción de pimientos

EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN DE PIMIENTOS

La recolección de pimientos se realizó cada año desde finales de abril o principios de mayo hasta julio. En cada caso se clasificaron en cuatro categorías: extra, primera, segunda, tercera y destrío, excepto el año 2002 y 2003 en los que no había tercera categoría. A su vez, extra, primera, segunda y tercera, se agruparon como cosecha comercial.

Una vez realizada la clasificación se determinaron para cada categoría el número de frutos y el peso de los mismos. La recolección se realizaba preferentemente en verde, recolectando los frutos a mano cuando estaban con la dureza y tonalidad características de la variedad, en cajas de plástico de 15 kg. Los calibres para clasificar el pimiento largo de invernadero se basaron en el diámetro y en el peso, siendo este último criterio el empleado en el ensayo, en el cual se han establecido las categorías.

Producción de pimiento tipo 'Lamuyo': Años del ensayo 1999, 2000 y 2001

EXTRA	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	DESTRÍO
> 251 g	250-201 g	200-101 g	100-81 g	Menores de 80 g

Producción de pimiento tipo 'California': Año del ensayo 2002 y 2003.

EXTRA	PRIMERA	SEGUNDA	DESTRÍO
> 200 g	200-160 g	160-80 g	Menores de 80 g

Producción de pimiento tipo 'California': Año del ensayo 2004.

EXTRA	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	DESTRÍO
> 190 g	>225 g	225-170 g	170-100 g	Menores de 100 g

Para la clasificación de los pimientos en el año 2004, se tomó como extra aquel pimiento que teniendo un peso mayor de 190 g tuviera también una forma cuadrada, sin deformaciones. Los de primera eran los mayores de 225 g aunque no tuvieran forma cuadrada y los de destrío eran menores de 100 g o frutos con deformaciones y con alguna patología. Como ejemplo se refleja en la figura n°57 un diagrama de barras en el que se aprecian las diferencias de producción para las distintas categorías en una campaña por tratamiento ensayado.

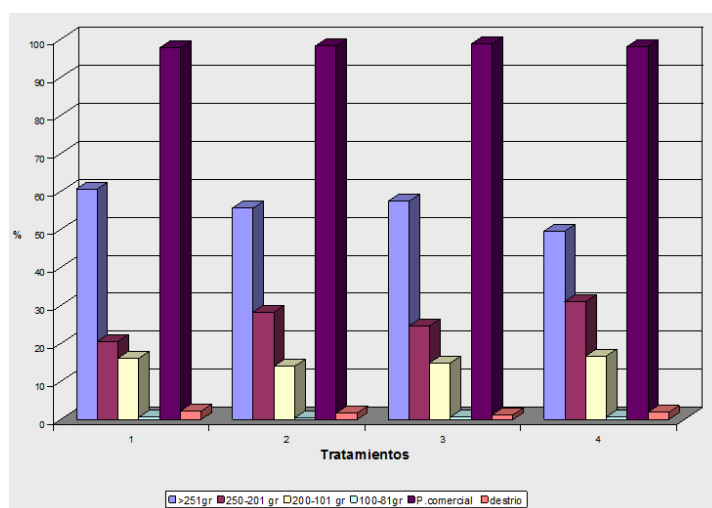
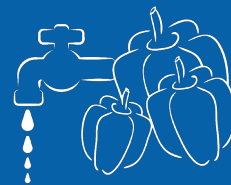


Figura 57. Producción de pimientos por categorías (pesos). Campaña 2001-2002.



Teniendo en cuenta que la superficie total dedicada al cultivo de pimiento fue 414,96 m², de las que se muestrearon las 3 filas centrales (172 m²) la producción total media por metro cuadrado fue la reflejada en las tablas y figuras siguientes:

Años 1999, 2000 y 2001 (dosis diferentes de abonado mineral nitrogenado)

Tratamientos	1999 kg/m ²	2000 kg/m ²	2001 kg/m ²
T-1	8,076	5,841	8,54
T-2	8,36	5,769	9,087
T-3	6,448	5,649	8,291
T-4	6,956	5,1	7,914
MEDIA	7,46	5,589	8,458

Tabla 63. Producción total media de pimientos. Campañas 1999-2000, 2000-2001 y 2001-2002.

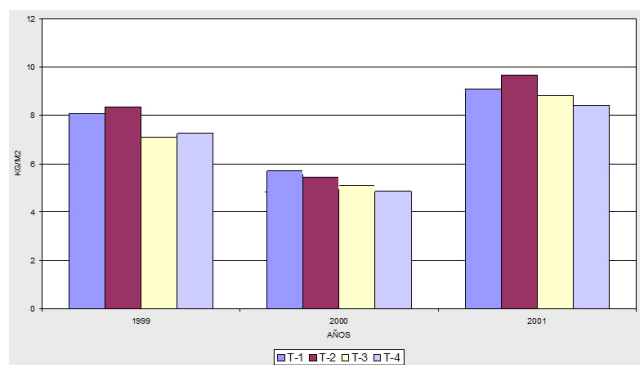


Figura 58. Producción total de pimientos por campañas de cultivo y tratamiento.

Para el conjunto de las tres campañas la producción total media fue 7,169 kg/m² y la producción comercial fue de 6,599 kg/m², datos significativos pues ponen de manifiesto que la cosecha fue semejante a las habituales en la Comarca, teniendo en cuenta que el ciclo de cultivo en los ensayos fue inferior al ciclo de cultivo de la mayoría de los productores puesto que se levantaba el cultivo en julio a causa de no poder atender las plantaciones en agosto, y que también fue algo inferior en el año 2000 por haber sido afectados por el virus del bronceado. El número de frutos medio fue 31,471 frutos/m² para la producción total y 28,011 frutos/m² para la comercial, datos que se reflejan en la tabla nº 64.

La tabla nº 64 contiene el análisis de la varianza de los datos de producción total y comercial (ANOVA con el abonado nitrogenado como factor) y pone de manifiesto que, al nivel del 95%, no se aprecia efecto significativo de los tratamientos sobre las producciones para las tres campañas (1999-2000, 2000-2001 y 2001-2002). Es decir, que el tratamiento sin abonado nitrogenado no ha acusado descenso de producción. Por lo tanto se puede afirmar que la producción total de pimientos es similar para los 4 tratamientos de abonado nitrogenado, no apreciándose diferencias significativas entre medias a un nivel del 95%, si bien el tratamiento 2 (dosis de N mineral 15 g/m²) fue el que tuvo mayores rendimientos medios, como se observa gráficamente en la figura nº 59.

TRATAMIENTO	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	nºfrutos/m ²	kg/m ²	nºfrutos/m ²	kg/m ²
T-1	32,913 a	7,486 a	29,594 a	6,973 a
T-2	33,269 a	7,739 a	29,181 a	7,042 a
T-3	29,202 a	6,796 a	25,591 a	6,264 a
T-4	30,499 a	6,657 a	27,678 a	6,117 a
MEDIA	31,471	7,169	28,011	6,599

Valores medios con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí a p<0,05, de acuerdo con el test de Tukey.

Tabla 64. Producción total y comercial de cada tratamiento, referida a la media de los tres años (1999, 2000 y 2001).

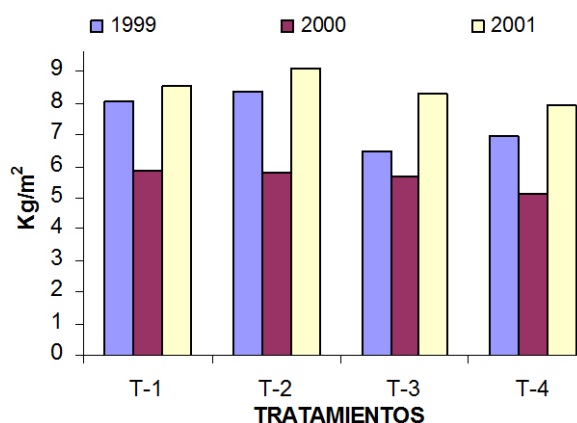
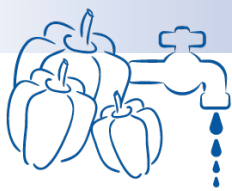


Figura 59. Producción total de pimiento por tratamiento y año (kg/m²). Ensayo con pimiento tipo Lamuyo (1999, 2000 y 2001).



En la fotografía n° 37 se ve lo que podía ser parte de la explicación de este hecho: en el cultivo sin abonado mineral se produciría una traslocación de nitratos de las hojas hacia los frutos, lo que redundaría en favor de la cosecha y en detrimento de la masa foliar que aparece mucho más amarillenta que los tratamientos con abonado mineral.



Foto 37. Deficiente distribución de N en hojas hacia finales del ciclo en parcelas sin abonado mineral nitrogenado. Campaña de cultivo 2000-2001(julio 2001).

Años 2002, 2003 y 2004 (ensayo del buprofezín 2002 y tres tipos de cultivo)

Se analizan primero los datos conjuntamente de los años de cultivo 2002 y 2004, por ser la campaña 2003-2004 un mes más corta que el resto (siete meses), ya que al volarse el techo del invernadero se tuvo que replantar en el mes de febrero, terminando la última recolección a finales de agosto. En las otras dos campañas (2002-2003 y 2004-2005), la producción total media fue de 9,156 kg/m²; siendo la producción comercial media 8,195 kg/m², lo que para el tipo California se considera una producción aceptable-alta, teniendo en cuenta que el ciclo de cultivo en los ensayos ha sido inferior al ciclo de cultivo de la mayoría de los productores. La producción total media del año 2002 fue de 10,038 kg/m² y la del 2004 de 8,275 kg/m². El número de frutos medio fue 51,251 por m² para la producción total y 40,136 para la comercial, datos que se reflejan en la tabla n° 65.

TRATAMIENTO	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	n°frutos/m ²	kg/m ²	n°frutos/m ²	kg/m ²
T-1	53,276 a	9,006 a	41,117 a	8,013 a
T-2	50,406 a	9,112 a	41,517 a	8,023 a
T-3	50,071 a	9,350 a	37,775 a	8,549 a
MEDIA	51,251	9,156	40,136	8,195

Valores medios con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí a p<0,05, de acuerdo con el test de Tukey.

Tabla 65. Producción total y comercial de cada tratamiento, referida a la media de los dos años (2002 y 2004).

La tabla n° 65 contiene el análisis de la varianza de los datos de producción total y comercial (ANOVA con los sistemas de cultivo como factor) para las anualidades 2002 y 2004 y pone de manifiesto que, al nivel del 95%, no se aprecia efecto significativo de los tratamientos sobre las producciones, si bien, el tratamiento 3 (cultivo convencional) fue el que tuvo mayores rendimientos medios.

En la tabla 66 y la figura n°60 se reflejan los datos conjuntos de producción total de las tres campañas de cultivo. Pese al problema de la rotura del techo del invernadero, observamos que la producción durante la campaña 2003-2004 es equiparable al resto. Sin embargo, el tamaño de los frutos es menor que en las otras dos campañas.

TRATAMIENTO	2002 kg/m ²	2003 kg/m ²	2004 kg/m ²
T-1	10,055	10,101	7,958
T-2	10,574	7,857	8,126
T-3	9,485	7,894	8,74

Tabla 66. Producción total media de pimientos. Campañas 2002-2003, 2003-2004 y 2004-2005.

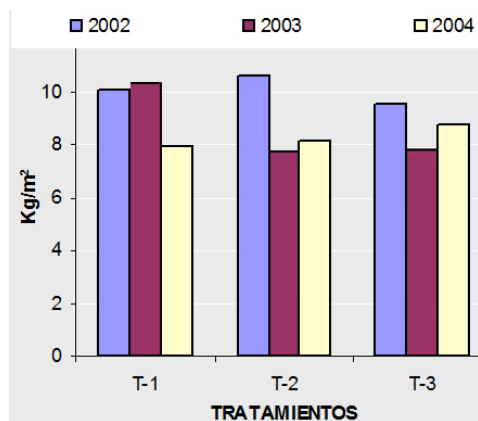
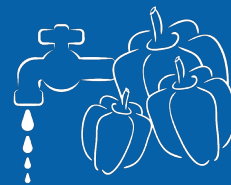


Figura 60. Producción total de pimiento por tratamiento y año (kg/m²). Ensayo con pimiento tipo California (2002, 2003 y 2004).



EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA DISTRIBUCIÓN POR PESOS DE LA PRODUCCIÓN DE PIMIENTOS

Para ver el efecto de los tratamientos sobre la distribución por pesos de la producción de pimientos se van a estudiar por un lado los tres primeros años del ensayo (1999, 2000 y 2001) en los que se utilizaron diferentes dosis de abonado nitrogenado, y por otro lado se va a estudiar el año 2003 y 2004 en los que ha realizado un ensayo con tres sistemas de cultivo diferentes (T-E cultivo ecológico, T-I cultivo integrado y T-C cultivo convencional).

Años 1999, 2000 y 2001

La tabla nº 67 muestra la cosecha total y la distribución por pesos de pimientos como media de las campañas (1999, 2000 y 2001), expresada en gramos/ m² de superficie de muestra para cada uno de los 4 tratamientos.

Esta tabla contiene el análisis de la varianza de los datos de producción total según diferentes pesos (ANOVA con el abonado nitrogenado como factor) y pone de manifiesto que, al nivel del 95%, no se aprecia efecto significativo de los tratamientos sobre la distribución por pesos de la cosecha.

TRATAMIENTO	CLASIFICACIÓN					TOTAL
	> 250 g	250-201 g	200-101g	100-81 g	Destrió	
T-1	4.029,900 a	1.610,256 a	1.247,650 a	85,470 a	512,429 a	7.485,705 a
T-2	3.714,801 a	2.019,210 a	1.177,030 a	130,677 a	697,059 a	7.738,775 a
T-3	3.872,351 a	1.712,677 a	1.005,099 a	75,548 a	508,233 a	6.795,979 a
T-4	3.107,408 a	1.833,975 a	1.115,100 a	60,107 a	540,221 a	6.656,809 a
MEDIA	3.681,115	1.794,029	1.136,316	87,950	570,478	7.169,319

Valores medios con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí a $p < 0,05$, de acuerdo con el test de Tukey.
Tabla 67. Distribución por pesos de la producción total de pimientos media de los años 1999, 2000 y 2001, expresada en g/m²

Año 2002

Este año no se ha podido realizar la distribución por pesos de las distintas categorías, porque únicamente se diferenció entre producción comercial y total. Como es lógico, no se observan diferencias significativas a nivel del 95%, ya que los tratamientos tuvieron todos el mismo abonado mineral, tratándose de un ensayo de plaguicidas.

TRATAMIENTO	PRODUCCIÓN TOTAL	PRODUCCIÓN COMERCIAL
	kg/m ²	kg/m ²
T-1	10,055 a	9,248 a
T-2	10,574 a	9,865 a
T-3	9,485 a	8,916 a
MEDIA	10,038	9,343

Valores medios con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí a $p < 0,05$, de acuerdo con el test de Tukey.

Tabla 68. Distribución por pesos de la producción total de pimientos media del año 2002, expresada en kg/m².

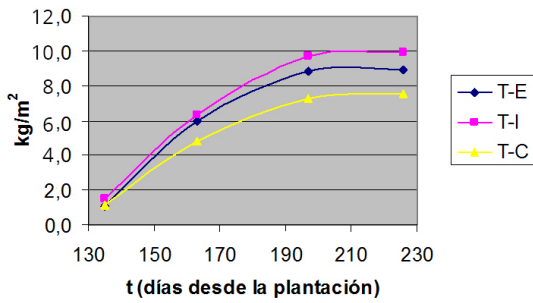
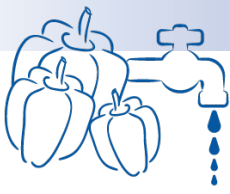


Figura 61. Producción total de pimientos acumulada. Campaña 2003-2004.

Año 2003

Este año no se consideró representativo para estudiar la distribución por pesos de la cosecha, ya que esta se esperaba inferior a la habitual en la Comarca, debido al problema del viento en febrero que rompió el invernadero y que obligó a replantar casi 2 meses después de lo habitual, alargando la recolección hasta finales de agosto para compensar.

La gráfica 61 refleja la producción obtenida que, a pesar de este hecho, no resultó muy inferior a las otras anualidades.

Año 2004

La producción extra se corresponde a los frutos > 190 g y con forma perfecta, la de primera los > 225 g sin la forma típica del 'California', los de segunda 225-170 g y los de tercera 170-100 g. Los datos estudiados ponen de manifiesto que, al nivel del 95%, no tenemos diferencias entre los tratamientos, si bien T-I (cultivo integrado) muestra mayor cantidad de producción extra y primera.

En los siguientes diagramas de círculos se observa gráficamente la distribución por categorías de la producción de pimientos en los diferentes cultivos que constituyen los tratamientos diferenciales para la anualidad 2004 (campaña de cultivo 2004-2005).

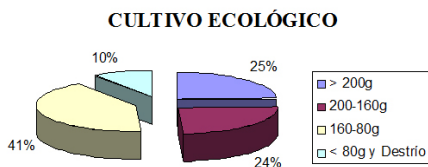


Figura 62. Distribución por categorías de la producción de pimientos en el cultivo ecológico. Campaña 2004-2005.

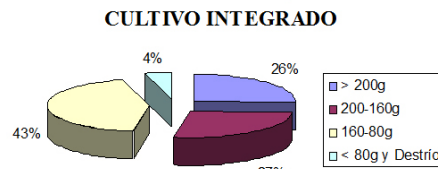


Figura 63. Distribución por categorías de la producción de pimientos en el cultivo integrado. Campaña 2004-2005.

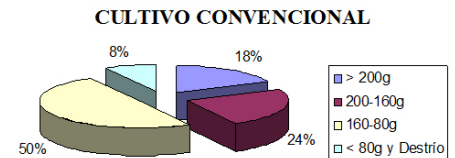


Figura 64. Distribución porcentual por categorías de la producción de pimientos en el cultivo convencional. Campaña 2004-2005.

En las siguientes gráficas se observa la producción acumulada de pimientos por categorías en los diferentes cultivos para la anualidad 2004 (campaña 2004-2005).

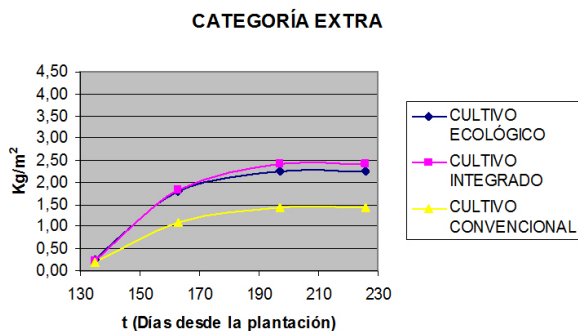


Figura 65. Producción acumulada de pimientos categoría extra para cada tipo de cultivo. Campaña 2005-2006.

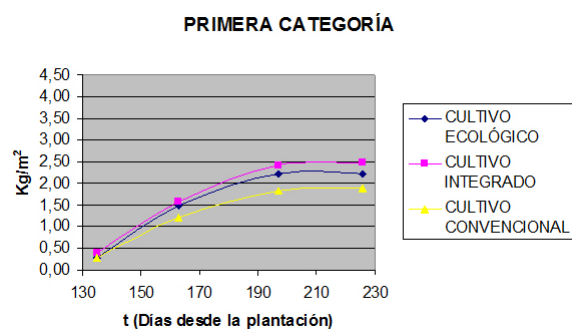


Figura 66. Producción acumulada de pimientos categoría primera para cada tipo de cultivo. Campaña 2005-2006.

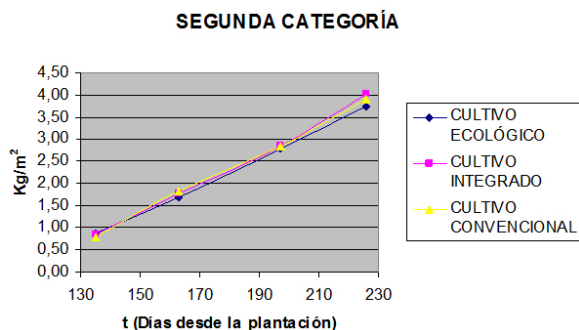


Figura 67. Producción acumulada de pimientos categoría segunda para cada tipo de cultivo. Campaña 2005-2006.

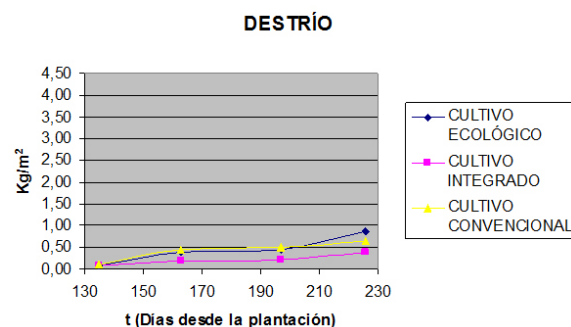


Figura 68. Producción acumulada de pimientos categoría destriero para cada tipo de cultivo. Campaña 2005-2006.

Se puede observar como el cultivo integrado y ecológico dan una mayor producción de la categoría extra (cercana a los 2,5 kg/m²) frente al tratamiento convencional, que solo da 1,5 kg/m². Respecto a los pimientos de primera categoría, las diferencias entre los tres tratamientos son menores (2,5 kg/m² para el tratamiento integrado, 2,3 kg/m² para el tratamiento ecológico y cercano a los 2 kg/m² para el tratamiento convencional) y en cuanto a la segunda categoría y destriero los tres cultivos presentan una producción acumulada similar.

BALANCE DE NITRÓGENO Y RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN

Respecto al N disponible para el cultivo, con el agua de riego se aportó como media lo siguiente: $2,2 \text{ mg/l} \times 520 \text{ l/m}^2 = 1,1 \text{ g/m}^2$ de NO_3^- , que equivalen a 0,25 g N/m², lo que apenas suponía entre el 2 y el 0,5% del nitrógeno mineral aportado en la fertilización, por lo que podía considerarse despreciable. En cuanto al N liberado por el estiércol aportado y la materia orgánica del suelo, se calculó en unos 9 g N/m², ya que el contenido de nitrógeno del estiércol era de un 5 por mil. Esta cantidad de nitrógeno liberado por la enmienda orgánica y la materia orgánica del suelo estaba entre un 64% y un 22% del nitrógeno mineral aportado y fue, por lo tanto, la principal fuente de nitrógeno del T-1 y explicaría en parte el hecho de que durante tres años consecutivos no se haya notado la disminución de producción ni calidad en este tratamiento que no llevaba nitrógeno mineral.

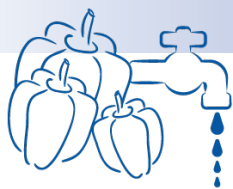
Teniendo en cuenta que la producción no comercial son los frutos de destriero, en la tabla nº 69 se observan los datos de producción comercial y total en relación con el nitrógeno aportado.

TRATAMIENTO	Producción comercial (g/m ²)	Producción total (g/m ²)	Nitrato cálcico aportado (g/m ²)	Nitrógeno aportado (g/m ²)
T-1	6,973 a	7,486 a	0 a	0 a
T-2	7,042 a	7,739 a	95,200 b	16,243 b
T-3	6,264 a	6,796 a	188,560 c	32,173 c
T-4	6,117 a	6,657 a	282,306 d	48,169 d
MEDIA	6,599	7,169		

Valores medios con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí a $p < 0,05$, de acuerdo con el test de Tukey.

Tabla 69. Producción total y comercial y nitrógeno aportado. Media de los tres años de ensayo. Años 1999, 2000 y 2001.

Como se dijo, la relación lineal entre cada una de estas variables y el nitrógeno aportado da un coeficiente de correlación lineal no significativo a un nivel del 95% de probabilidad. Esto permite afirmar que no existe efecto de la cantidad de nitrógeno aportado sobre la producción comercial o la producción total.



5.1.7.-Resultados del ensayo campaña 2002-2003. Ensayo Buprofezín

Por no ser objetivo de esta tesis el estudio de la lixiviación de plaguicidas, solo se van a reflejar aquí los resultados de los análisis de suelos y aguas y los relacionados con la producción de pimiento y los consumos de agua, no haciéndose referencia al objetivo principal del ensayo en esta anualidad.

Lo importante de este ensayo es que, con los conocimientos de años anteriores, empleamos una dosis de abonado mineral nitrogenado que se consideraba óptima para el cultivo. En el caso del nitrógeno era la dosis obtenida de los cálculos ofrecidos por el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia, que resultó de 13 g/m² y demostró dar una muy buena producción.

SUELOS.

Las muestras de suelos se tomaron a una profundidad de 0-20, 20-40 y 40-60 cm. Las características de los suelos a una profundidad de 0-20 cm se muestran en la tabla nº 70. Para la toma de muestras de suelos, se dividió cada lixímetro en nueve zonas, cada muestra se preparó mezclando las cantidades recogidas de cada zona. A continuación, se dejaron secar al aire y se pasaron por un tamiz de 2 mm. Se pesaron 5 ± 0,1 g de suelo y se realizó la extracción mediante el método utilizado por Navarro *et al.*, (2000).

	TRAT. 1	TRAT. 2	TRAT. 3
pH	7,58	7,83	7,94
Materia orgánica (%)	4,31	3,43	3,25
Arena (%)	7,5	8,3	10,1
Limo (%)	32,5	36,7	30,7
Arcilla (%)	60,0	55,0	59,2

Tabla 70. Propiedades de los suelos de cada uno de los tratamientos ensayo. Año 2002.

AGUAS.

El agua recogida en el recipiente fue medida y homogenizada. A continuación 1 litro de muestra se analizó siguiendo el procedimiento de USEPA (1987) y finalmente, 1 µl del extracto fue analizado por cromatografía de gases (CG), para determinar el contenido de Buprofezín de los lixiviados. En la tabla nº71 se puede apreciar para cada toma de muestras el volumen de agua lixiviada por tratamiento. En el tratamiento 1 se incluyen los lixímetros sin plaguicida; en el tratamiento 2 los lixímetros con aplicación de Buprofezín semanal y en el tratamiento 3 los lixímetros con aplicación de Buprofezín bisemanal.

Día	Volumen de lixiviado recogido (dm ³)		
	TRAT. 1	TRAT. 2	TRAT. 3
1	5,0	3,5	3,0
3	3,5	16,0	6,0
7	1,0	13,5	14,5
14	12,0	14,0	8,5
28	12,5	4,5	6,5
42	37,5	7,5	16,0

Tabla 71. Volumen de agua recogida como media por lixímetro para cada tratamiento.

EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE PIMIENTOS.

La recolección de pimientos se realizó desde principios de mayo hasta principios de julio y hubo 4 recolecciones. Se clasificaron en 2 categorías: comercial (extra, primera y segunda) y destrío. Una vez realizada la clasificación se determinaron para cada categoría el número de frutos y el peso de los mismos.

Teniendo en cuenta que la superficie total dedicada al cultivo de pimiento fue 414,96 m², la producción total media por metro cuadrado de ensayo para la campaña 2002-2003 fue 10,66 kilogramos; la producción comercial por metro cuadrado de ensayo fue de 9,93 kg, datos que ponen de manifiesto que la cosecha fue semejante a las habituales en la Comarca, y que se reflejan en la tabla nº 72.



	PRODUCCIÓN TOTAL	PRODUCCIÓN COMERCIAL
TRATAMIENTO	kg/m ²	kg/m ²
T-0	10,64 a	9,81 a
T-1	11,25 a	10,49 a
T-2	10,08 a	9,48 a
MEDIA	10,66	9,93

Las cifras acompañadas con la misma letra no presentan diferencias significativas.

Tabla 72. Producción total y comercial de cada tratamiento. Campaña 2002-2003.

Esta Tabla contiene el análisis de la varianza de los datos de producción total y comercial (ANOVA con el uso de aplicaciones de plaguicidas como factor) y pone de manifiesto que, al nivel del 95%, no se aprecia efecto significativo de los tratamientos sobre las producciones, es decir, que el tratamiento en el que sólo se ha empleado la lucha biológica no ha acusado descenso de producción. Por lo tanto se puede afirmar que la producción total de pimientos es similar para los 3 tratamientos y no se puede considerar que haya tenido efecto la aplicación del plaguicida en la producción respecto a la lucha biológica.

Lógicamente, no hay diferencias significativas entre tratamientos, dado que todos tienen el mismo riego y el mismo abonado y la plaga de mosca blanca no afectó a la producción.

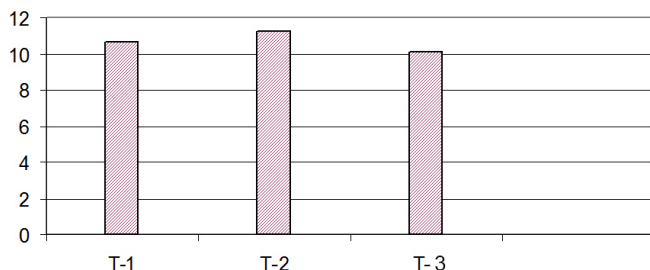


Figura 69. Producción total de pimiento por tratamiento (kg/m²). Campaña 2002-2003.

La figura nº 69 refleja esquemáticamente la producción para los distintos tratamientos en el año de ensayo. El cálculo del abonado nitrogenado aplicando el balance de N del Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia resultó ser muy adecuado para obtener buenas producciones, por encima de los 100 000 kg/ha.

ESTUDIO DE LOS CONSUMOS DE AGUA

Durante el ensayo del año 2002 (campaña 2002-2003) se han aplicado a lo largo de todo el cultivo, desde la plantación a la recolección (7 meses), una media de 558, 52 litros de agua por m² (5.595 m³/ha), con pequeñas variaciones entre unidades experimentales menores al 15%. Dichas unidades experimentales recibieron el agua suficiente para mantener el cultivo y fue sensiblemente igual en los distintos tratamientos (lo cual era el objetivo del riego, que se pretendía no actuara como variable diferencial del ensayo).

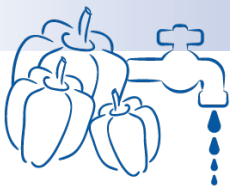
TRATAMIENTO	l/m ²
T-1 (1, 4 y 5)	573,454
T-2 (2 y 6)	516,336
T-3 (3, 7 y 8)	588,787
MEDIA (m³ /ha)	5.595,254

Tabla 73. Ensayo lixiviación de plaguicidas. Volúmenes de riego aplicados por lixímetro (Campaña 2002-2003).

TRATAMIENTO	l/m ²
T-1 (1, 4 y 5)	103,438
T-2 (2 y 6)	67,201
T-3 (3, 7 y 8)	110,616
MEDIA (m³ /ha)	937,518

Tabla 74. Datos de lixiviación en profundidad. Volúmenes drenados por lixímetro. (Campaña 2002-2003).

En las tablas nº 73 y nº 74 se observa la diferencia entre el volumen de agua aplicado y el lixiviado, que ha supuesto como término medio un 16,74% del agua aplicada. Este porcentaje de agua drenada puede considerarse normal para este tipo de suelos y cultivo e indica que el riego se había realizado adecuadamente.



En la figura 70 se reflejan estos datos, observándose esquemáticamente como el riego se mueve en el entorno de los 500-600 l/m² y el lixiviado se mueve en el entorno de los 100-200 l/m². La diferencia en los volúmenes lixiviados respecto a la tabla n° 74 se debe a que en la gráfica se reflejan también los volúmenes previos drenados en el proceso de solarización (durante los meses de agosto-octubre de 2002) y en la tabla solo los drenados en el periodo de cultivo (noviembre 2002 a julio de 2003).

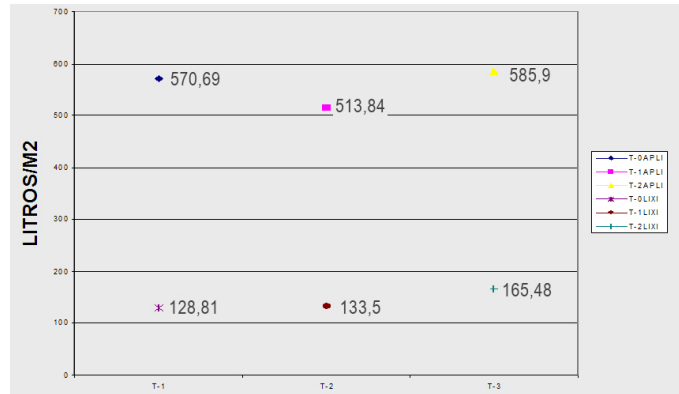


Figura 70. Volumen de agua aplicado y lixiviado por m² (año 2002).

5.1.8.-Resultados del ensayo de isótopos

METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN DE LA PROCEDENCIA DE FERTILIZANTES NITROGENADOS

Durante las campañas de producción 2003-2004, 2004-2005 y 2005-2006 se recogieron frutos procedentes de los tratamientos de producción ecológica, integrada y convencional con el fin de validar una metodología para poder diferenciar, en fruto, la utilización de abonos nitrogenados según su procedencia (de síntesis química o procedente de estiércoles).

Table 1 A brief listing of the stable isotopes and their abundances for the elements most commonly used in global change research

Element	Isotope	Abundance (%)
Hydrogen	¹ H	99.985
	² H	0.015
Carbon	¹² C	98.89
	¹³ C	1.11
Nitrogen	¹⁴ N	99.63
	¹⁵ N	0.37
Oxygen	¹⁶ O	99.759
	¹⁷ O	0.037
	¹⁸ O	0.204
Sulfur	³² S	95.00
	³³ S	0.76
	³⁴ S	4.22
	³⁶ S	0.014
Strontium	⁸⁴ Sr	0.56
	⁸⁶ Sr	9.86
	⁸⁷ Sr	7.02
	⁸⁸ Sr	82.56

Tabla 75. Lista de isótopos estables y sus abundancias para los elementos más comúnmente utilizados en investigaciones de Cambio Global. (Fuente: Ehleringer y Cerling, 2002).

Muchos de los elementos existentes tienen dos o más isótopos estables (tabla n° 75), de tal manera que el número de protones y electrones define la manera de reaccionar con otros elementos, sin embargo, como el caso del nitrógeno, aunque la mayoría tiene 7 neutrones, además de los 7 protones (¹⁴N), una menor proporción de los mismos tienen 8 neutrones (¹⁵N). Esta diferencia en masa no afecta al modo en que reacciona químicamente, pero el ¹⁵N forma enlaces más fuertes con otros elementos pudiendo reaccionar más lentamente. Por lo tanto, en los procesos donde interviene el N, la reacción más rápida del ¹⁴N frente al ¹⁵N, originará que el producto de la reacción será enriquecido con ¹⁴N, mientras que el que no ha formado parte de la misma será enriquecido en ¹⁵N. Esto es lo que ocurre cuando el N pasa a través de la cadena alimentaria, donde al ir ascendiendo podemos observar un enriquecimiento en ¹⁵N, y también variabilidad en la relación isotópica según sea la fuente de N (figura n° 71).

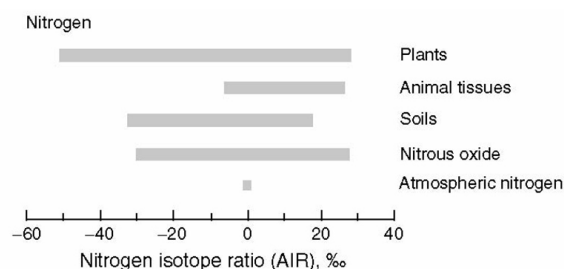
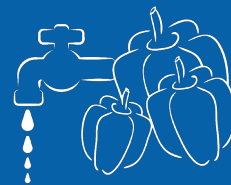


Figura 71. Variación isotópica del nitrógeno en relación con el atmosférico.

Debido a las dificultades en la medición precisa de un isótopo, se propuso la utilización de la relación isotópica (por ejemplo ¹⁵N/¹⁴N) para determinar el enriquecimiento o empobrecimiento de un isótopo. De este modo, los valores de ¹⁵N son convencionalmente expresados en partes por mil (‰) de desviación respecto a un estándar internacionalmente asignado. El N₂



atmosférico fue adoptado como el estándar, considerándolo un valor de 0 ‰. La abundancia de isótopos estables se representa típicamente como delta (δ), según la siguiente fórmula (Ehleringer y Cerling, 2002):

$$\delta^{15}\text{N}(\text{‰}) = \left[\frac{\left(\frac{^{15}\text{N}}{^{14}\text{N}} \right)_{\text{sample}} - \left(\frac{^{15}\text{N}}{^{14}\text{N}} \right)_{\text{standard}}}{\left(\frac{^{15}\text{N}}{^{14}\text{N}} \right)_{\text{standard}}} \right] * 1000$$

El nitrógeno de los abonos de síntesis es producido mediante reacciones catalíticas con el N_2 atmosférico e hidrógeno a altas temperaturas para producir amonio y posteriormente nitrato. Este proceso no origina un cambio significativo en la relación isotópica del nitrógeno siendo muy similar al atmosférico de 0 ‰ (Vitoria *et al.*, 2004), y nos sirve para diferenciar los abonos de síntesis frente a otras fuentes como los estiércoles, u otros residuos animales con valores incluso mayores a 20 ‰. Por lo tanto, las plantas fertilizadas con uno u otro tipo de abonado presentarían, consecuentemente, distinta discriminación isotópica en los tejidos que la componen (del Amor *et al.*, 2007). En la fotografía nº 38 se observa el aparato en el que se determinó la relación isotópica del N en los pimientos de los ensayos.



Foto 38. CF-IRMS (Continuous Flow Isotope Ratio Mass Spectrometer) donde se determinó la relación isotópica del N en los frutos de pimiento (Universidad Pública de Navarra).

RESULTADOS DE LA DISCRIMINACIÓN ISOTÓPICA EN TRES SISTEMAS DE CULTIVO

Los análisis realizados en los frutos procedentes de las tres campañas de producción nos muestran diferencias significativas según el sistema de producción empleado, el cual estaba directamente asociado a la aplicación o no de fertilizantes de síntesis (agricultura ecológica) y a la dosis de los mismos (producción convencional frente a integrada). Así, considerando de manera conjunta todos los años de estudio, el tratamiento convencional presentó valores medios de $\delta^{15}\text{N}$ de 4,9 frente a 8,7 del tratamiento integrado y de 13,6 para el tratamiento ecológico, existiendo diferencias significativas entre todos los tratamientos estudiados (tabla nº 76).

Method: 95.0 percent Tukey HSD				
trat	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	18	4.99583	0.340978	X
2	18	8.73583	0.340978	X
3	18	13.6994	0.340978	X
Contrast		Difference		+/- Limits
1 - 2		*-3.74		1.1656
1 - 3		*-8.70361		1.1656
2 - 3		*-4.96361		1.1656

* denotes a statistically significant difference.

Tabla 76. Análisis estadístico de los tratamientos convencional (1), integrado (2) y ecológico (3) considerando todos los periodos de muestreo.

En la figura nº 72 podemos observar de manera independiente los datos obtenidos para cada año, en donde para los cultivos (en el periodo 2003-2006) el cultivo ecológico presentó frutos con valores de $\delta^{15}\text{N}$ significativamente diferentes a los procedentes de cultivo integrado o convencional, donde la adición de fertilizantes químicos de síntesis disminuyó la relación isotópica en los frutos.

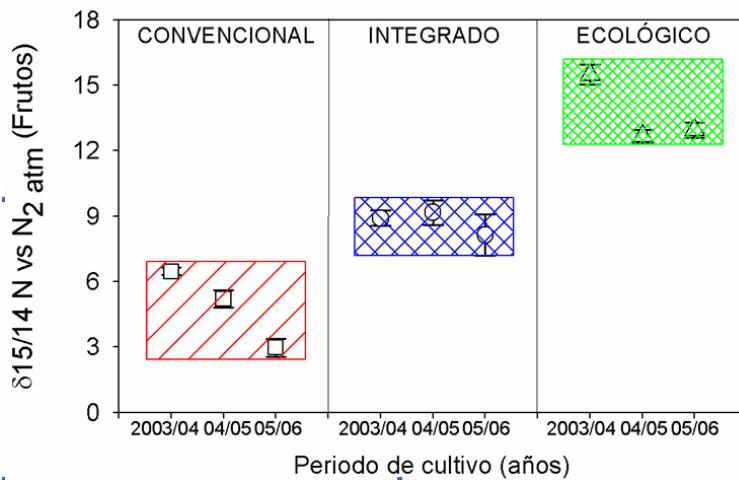
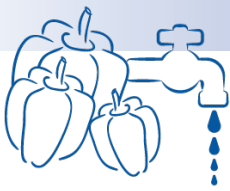


Figura 72. Discriminación isotópica del N en los frutos procedentes de tres sistemas de producción bajo invernadero. Las líneas horizontales en los símbolos representan el error estándar de la media.

Los resultados obtenidos validan por tanto esta metodología para detectar la adición fraudulenta de abonos nitrogenados de síntesis en cultivos considerados ecológicos. Recientemente del Amor *et al.* (2008), también confirmaron la validez de esta metodología cuando se utilizan diferentes tipos de estiércoles, comúnmente empleados en la agricultura ecológica en pimiento, y a su vez, el estudio aquí presentado amplía los conocimientos sobre el uso de esta técnica a los ya realizados por el equipo

del Dr. Aparicio en espinaca y especialmente los de Bateman *et al.* (2007) en lechuga, tomate y zanahoria.

CONCENTRACIÓN DE N EN FRUTOS.

Junto con el estudio de discriminación isotópica se analizó la concentración en nitrógeno total de los frutos de pimiento (tabla nº 77). Las diferencias encontradas en fruto, considerando el promedio de todos los años, muestran que el tratamiento convencional presentó diferencias significativas con respecto al integrado y ecológico. Así, el tratamiento ecológico presentó una disminución del 16,6% en la concentración de N-total, en comparación con el tratamiento convencional. Es de destacar que la diferencia entre el tratamiento integrado y ecológico no fue estadísticamente significativa ($P < 0.05$), para el conjunto de los años.

Method: 95.0 percent Tukey HSD			
trata	Count	Mean	Homogeneous Groups
3	18	2.25611	X
2	18	2.33889	X
1	18	2.70278	X

Contrast	Difference	+/-	Limits
1 - 2	*0.363889	0.358792	
1 - 3	*0.446667	0.358792	
2 - 3	0.0827778	0.358792	

* denotes a statistically significant difference.

Tabla 77. Análisis estadístico de los tratamientos convencional (1), integrado (2) y ecológico (3) considerando todos los periodos de muestreo.

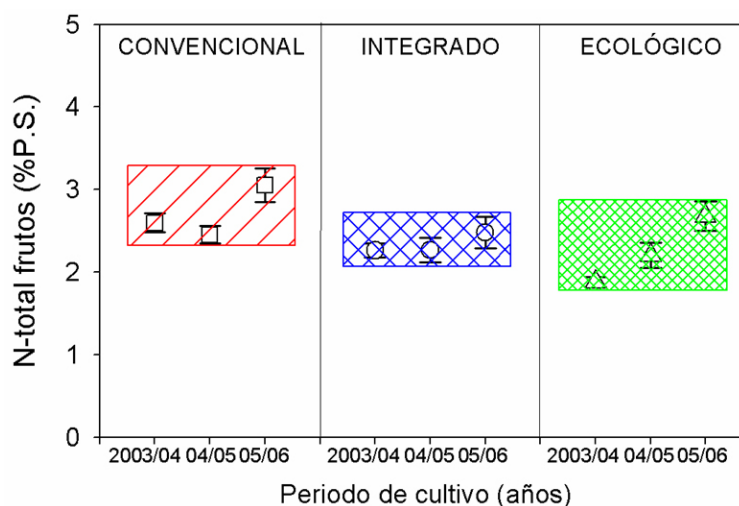
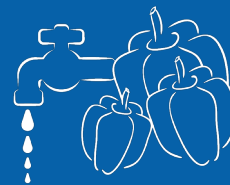


Figura 73. Concentración de N-total en frutos de pimiento procedentes de técnicas de cultivo ecológico, integrado y convencional. Las líneas horizontales en los símbolos representan el error estándar de la media.

Considerando los datos aportados individualmente en cada año (figura nº 73), podemos observar la variación existente en correspondencia con las características de manejo del cultivo cada año, especialmente durante el periodo 2003-2004 donde el cultivo ecológico presentó una disminución en N-total en fruto del 27,4%, en comparación con las disminuciones observadas en los periodos 2004-2005 y 2005-2006 del 10,2% y 12,1% respectivamente, en relación a los observados en el tratamiento convencional.



5.2.- RESULTADOS DE LOS ENSAYOS 2005-2007

5.2.1.- Diseño experimental y fertilización aplicada

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos durante la campaña 2005-2006, cuyas cosechas fueron recogidas durante el año 2006, y la campaña 2006-2007, con cosechas en el año 2007. En el primer caso, se ensayaron tres tipos de cultivo (tratamientos) de pimiento en invernadero presentes en

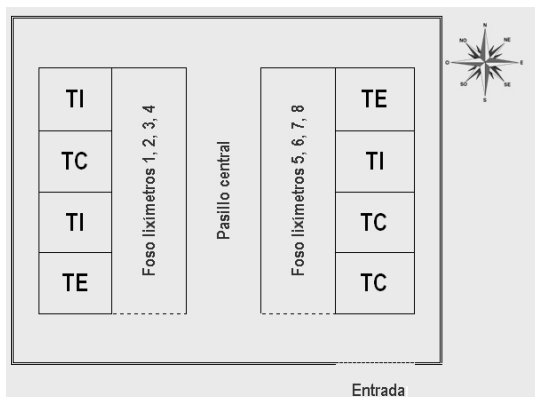


Figura 74. Esquema del invernadero y distribución de tratamientos en las parcelas (campaña 2005-2006)

la comarca del Campo de Cartagena, que son: Tratamiento Convencional (T-C), Tratamiento Integrado (T-I) y Tratamiento Ecológico (T-E). Los fundamentos y técnicas de cultivo correspondientes a cada tipo de tratamiento ya han sido descritos en capítulos anteriores de esta tesis. En cuanto a la distribución de las ocho parcelas lisimétricas utilizadas en los ensayos, se utilizaron en la campaña de 2005-2006 tres parcelas para el T-I, tres para el T-C y dos para el T-E. La ordenación de estas parcelas se hizo procurando mantener las parcelas para cada tipo de cultivo de años anteriores, de modo que su distribución quedó tal como se indica en la figura nº 74.

En la campaña de 2006-2007, a raíz de los resultados obtenidos en la campaña anterior, que más adelante se comentarán, se redujo el ensayo a dos tratamientos: T-E y T-I por considerarlos los más eficientes en la relación producción/lixivación de nitratos. Se procedió, por tanto, a redistribuir las parcelas, de modo que ambos tratamientos pudieron realizarse en 4 parcelas lisimétricas cada uno. La distribución en esta campaña se realizó, pues, tal como se muestra en la figura nº 75.

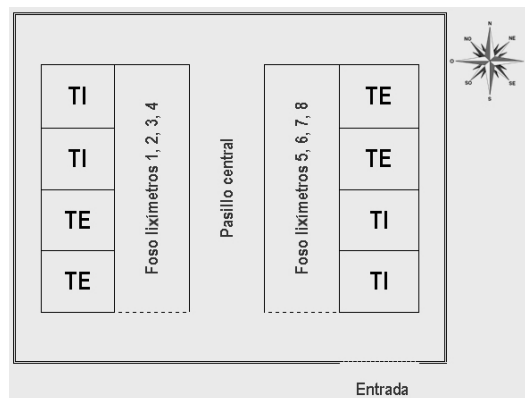
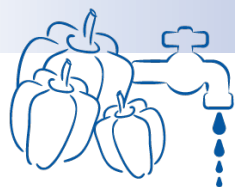


Figura 75. Esquema del invernadero y distribución de tratamientos en las parcelas (campaña 2006-2007).

Del mismo modo que en anteriores campañas, las plantas se dispusieron en un marco de 1x 0,4 m, a razón de 133 plantas por parcela, o lo que es lo mismo con una densidad de 25.000 plantas por hectárea.

Como se ha indicado al inicio de este capítulo, durante la campaña 2005-2006 se ensayaron tres tipos de cultivo (T-E, T-I y T-C), y en la campaña 2006-2007 tan sólo se experimentó con los dos primeros. Los cálculos de las dosis de fertilización aplicadas en estas dos campañas fueron similares a los indicados en capítulos precedentes para las campañas anteriores. Así pues, a las parcelas cultivadas en el T-E no se les añadió ningún tipo de abonado mineral, mientras que al T-I se aplicó un abonado calculado en función de las Normas Técnicas para la Producción Integrada recomendadas en la Región de Murcia, y al T-C el doble de las aplicadas al T-I. Las dosis finalmente aplicadas se muestran en las tablas nº 78 y 79.



TRATAMIENTO	AC. FOSFÓRICO (50 % P ₂ O ₅) (cm ³ /m ²)	N. CALCICO (NO ₃) ₂ Ca (g/m ²)	N. POTÁSICO KNO ₃ (g/m ²)	S. MAGNESICO MgSO ₄ (g/m ²)
T-E	0	0	0	0
T-I	16,4	43,5	58,7	31,2
T-C	32,8	87	117,4	62,4

Tabla 78. Abonado mineral aplicado en la campaña 2005-2006.

TRATAMIENTO	AC. FOSFÓRICO (50 % P ₂ O ₅) (cm ³ /m ²)	N. CALCICO (NO ₃) ₂ Ca (g/m ²)	N. POTÁSICO KNO ₃ (g/m ²)	S. MAGNESICO MgSO ₄ (g/m ²)
T-E	0	0	0	0
T-I	16,4	48,5	58,7	31,2

Tabla 79. Abonado mineral aplicado en la campaña 2006-2007

5.2.2.- Balance de agua

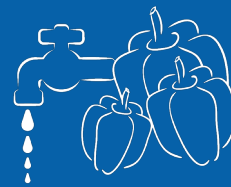
BALANCE DE AGUA EN LA CAMPAÑA 2005-2006

Al igual que en las campañas precedentes, se utilizó riego por goteo, calculando las dosis de riego semanales a partir de los datos aportados por una cubeta evaporimétrica Clase A instalada en el invernadero, aplicando la teoría de Penman (1948) y siguiendo las directrices de la FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977).

Mediante este método se calcularon las necesidades del cultivo semanalmente, dividiéndolas en sucesivos riegos diarios. La dosis media semanal aplicada fue de 21,5 l/m². El control de la cantidad de agua aplicada se realizó mediante contadores volumétricos instalados independientemente para cada una de las parcelas. Las dosis de riego calculadas se aplicaban indistintamente a todas las parcelas, y por tanto, por igual a todos los tratamientos (T-C, T-I, T-E).

Al final del cultivo las dosis acumuladas aplicadas fueron de 775,2 l/m² en el T-C, de 772,7 l/m² en el T-I, y de 717,6 l/m² en el T-E. Como puede verse, se obtuvieron ligeras diferencias entre los tres tratamientos, debidas probablemente a pequeñas diferencias en las pérdidas de carga del sistema, obturaciones de los filtros, etc. Sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas al nivel del 95 %. Así pues, la dosis media de riego aplicada al cultivo fue de 755,17 l/m², o lo que es lo mismo, 7.551,7 m³/ha. Este valor está dentro de los valores habituales de riego en la zona de estudio, que oscilan entre 6.000 y 9.000 m³/ha.

Por otra parte, una fracción del agua aplicada mediante el riego percoló hacia el fondo de los líxímetros y fue evacuada periódicamente mediante la apertura de las válvulas del sistema de drenaje instalado en cada uno de los mismos. Cada vez que se realizó esta operación, se tomaron muestras homogéneas del agua extraída y se calculó el volumen de agua mediante las lecturas de los contadores volumétricos instalados a tal efecto. Al final del cultivo los volúmenes de lixiviados obtenidos fueron diferentes para cada uno de los tratamientos. El volumen medio acumulado de lixiviados del TC fue de 113,3 l/m², el del TI de 132,4 l/m², y el del TE de 156,0 l/m².



De todo lo anterior puede deducirse, como se observa en la tabla n° 80 que el porcentaje de agua lixiviada en el caso del T-C fue del 14,62%, en el T-I del 17,14%, y en el T-E del 21,74%. Estas diferencias en el porcentaje de lixiviación de agua de riego podrían ser debidas hipotéticamente a la diferencia de abonado nitrogenado aplicado a los distintos tratamientos, que produjo una mayor producción de masa vegetal cuanto mayor fue el nitrógeno aplicado. De este modo, el T-C experimentó un mayor crecimiento vegetativo que el T-I y éste mayor que el T-E, y puesto que cuanto mayor era la superficie foliar del cultivo, mayor transpiración se producía y, por tanto, menor era el porcentaje de agua de riego que podía infiltrarse a capas más profundas del suelo. También podrían deberse estas diferencias a canales preferentes en los lixímetros que, por azar, actúen más en unos que en otros. Muy probablemente se trate de una combinación de ambos factores que, en todo caso, no es significativa al nivel del 95%.

	RIEGO (l/m ²)	LIXIVIADOS (l/m ²)	% LIXIVIADOS
T-C	775,2	113,3	14,62
T-I	772,7	132,4	17,14
T-E	717,6	156,0	21,74

Tabla 80. Relación entre el volumen de agua de riego y los lixiviados obtenidos. Campaña 2005-2006.

BALANCE DE AGUA EN LA CAMPAÑA 2006-2007

En la campaña 2006-2007 se utilizaron los mismos procedimientos de cálculo que en los años anteriores. Sin embargo, en esta campaña las dosis de riego aplicadas a los diferentes tratamientos fue más homogénea que en la campaña anterior, siendo de 554,1 l/m² en el caso del T-I y de 546,0 l/m² en el T-E. Así, el volumen medio de agua de riego aplicada al cultivo resultó ser de 550,05 l/m², es decir de 5.500,5 m³/ha (tabla n° 81). Este es menor que el obtenido en la campaña precedente y está por debajo de los valores habituales en la zona (6.000 y 9.000 m³/ha).

	RIEGO (l/m ²)	LIXIVIADOS (l/m ²)	% LIXIVIADOS
TI	554,1	47,0	8,5
TE	546,0	45,7	8,4

Tabla 81. Relación entre el volumen de agua de riego y los lixiviados obtenidos. Campaña 2006-2007.

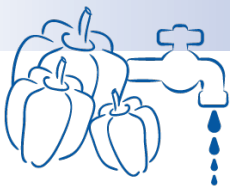
En cuanto a los volúmenes de lixiviados obtenidos, se obtuvieron igualmente valores menores que en la campaña anterior, siendo el volumen medio acumulado de lixiviados del T-I de 47,0 l/m² y el del T-E de 45,7 l/m². Esto supuso que tan sólo una pequeña porción del agua aplicada descendió hasta profundidades no accesibles para el sistema radicular del cultivo, siendo de aproximadamente un 8,45%.

5.2.3.-Estudio de la información analítica de los lixiviados en los lixímetros de drenaje

Para poder conocer la evolución de las concentraciones de nitratos a lo largo del cultivo, así como del pH y la conductividad eléctrica del agua en el suelo, se analizaron tanto las muestras de lixiviados profundos como las muestras obtenidas mediante sondas de succión, instaladas a 25 y 50 centímetros de profundidad en las parcelas de los tres tratamientos. Tanto la toma de muestras como los métodos analíticos son los mismos que se han indicado para las campañas precedentes en los capítulos anteriores. En los epígrafes siguientes se muestran los resultados de estos análisis y su evolución.

ANÁLISIS DE LIXIVIADOS PROFUNDOS. CAMPAÑA 2005-2006.

En el año de ensayos 2005 (campaña 2005-2006), se realizó un riego total de 752,65 l/m² en todo el cultivo (240 ddt), lo que equivale a 21,5 l/m² y semana, sin contar la solarización que fue de 46,15 l/m². Se produjeron, como ya se ha puesto de manifiesto en la tabla n° 80, unos porcentajes de lixiviados del



14,62% en el tratamiento ecológico, el 17,14% en el integrado y del 21,74% en el convencional, dando la cantidad de nitratos lixiviada media que se refleja a continuación.

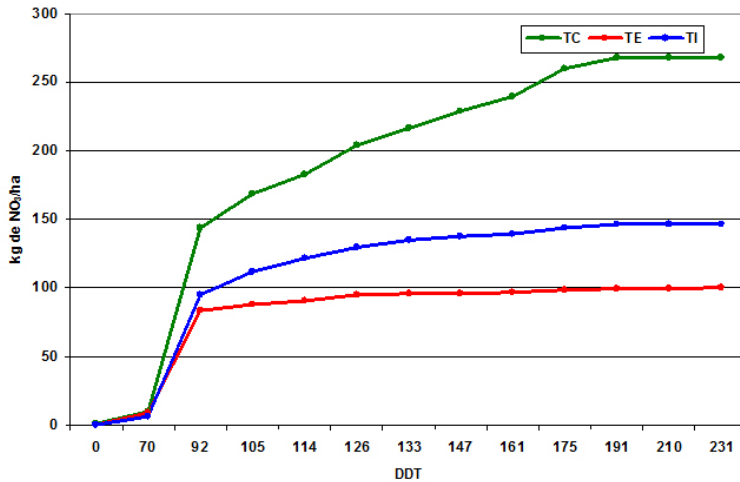


Figura 76. Evolución de la cantidad de nitratos en los lixiviados profundos. Campaña 2005-2006.

En la figura nº 76 se ha representado la evolución del contenido acumulado de nitratos analizados en las muestras de agua de lixiviados profundos recogidas en la campaña 2005-2006. La evolución de los tres tratamientos resultó ser la que, a priori, parecía más lógica. Al inicio del cultivo los tres métodos de cultivo empezaron lixiviando una cantidad similar de nitratos (70 ddt), en kilogramos por hectárea, debido a que a los tres tratamientos se les había aplicado la misma cantidad de abono de fondo a base de estiércol.

Entre los 70 y 92 días después del trasplante (ddt) se produjo una importante cantidad de lixiviación de nitratos, empezando en ese momento a observarse diferencias apreciables entre los tres tratamientos, alcanzando T-E y T-I valores cercanos a los 90 kg/ha, y T-C casi 150 kg/ha. A partir de los 92 ddt y hasta el final del cultivo el T-E tan sólo lixivia una pequeña cantidad de nitratos, prácticamente estabilizándose su contenido acumulado en las proximidades de los 100 kg/ha.

Por otra parte, la fertilización mineral aplicada a los tratamientos T-C y T-I hace que éstos sigan aumentando la cantidad de nitratos encontrados en los lixiviados profundos hasta valores muy superiores a los obtenidos en el T-E, especialmente en el caso del T-C. Como se ha indicado, estos aumentos siguen una evolución similar a la esperable ya que el mayor aporte de fertilizantes al TC respecto al T-I, se traduce en un incremento del contenido de nitratos en los lixiviados también mayor.

La cantidad final acumulada de nitratos recogidos en los lixiviados profundos de los tres tratamientos (valores medios de las parcelas de cada uno de ellos) es la que se presenta en la tabla nº 82.

	kg [NO ₃]/ha	Test de Duncan
--	--------------------------	----------------

T-E	100,15	A
T-I	146,38	AB
T-C	268,16	B

Tabla 82. Cantidad de nitratos acumulados en los lixiviados profundos. Campaña 2005-2006.

El análisis estadístico realizado indica que los pares de tratamientos TE-TI y TI-TC son homogéneos entre sí, existiendo tan sólo diferencias estadísticamente significativas entre el T-E y el T-C.

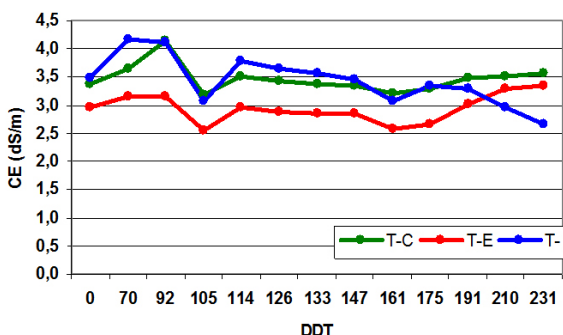


Figura 77. Evolución de la conductividad eléctrica de los lixiviados para los tres tipos de cultivo.

Las muestras tomadas no sólo fueron utilizadas para determinar su contenido en nitratos, ya que también se analizó su pH y conductividad eléctrica. En la figura nº 77 se ha representado la evolución media de la CE (dS/m) de las muestras tomadas a lo largo del cultivo. En ésta se puede observar que los valores obtenidos en el T-E han sido durante casi todo el cultivo menores que los de TC y T-I. Por su parte, estos han tenido una evolución y



valores similares durante todo el cultivo. Los valores medios obtenidos a lo largo de toda la campaña son 2,94 dS/m en el TE, 3,43 dS/m en el T-I, y 3,47 dS/m en el T-C.

En cuanto al pH de los lixiviados profundos, los tres tratamientos presentaron una evolución similar, con ligeras variaciones y en un sentido general descendente, tal como se muestra en la figura 78. Los valores medios obtenidos durante la campaña 2005-2006 han sido de 8,13 en el TE, 8,25 en el T-I y 8,21 en el T-C, siendo el pH medio conjunto de 8,20. El hecho de que la tendencia haya sido similar en los tres tratamientos nos indica que la ligera acidificación del abonado aplicado a los tratamientos T-I y T-C no afecta al pH de los lixiviados profundos.

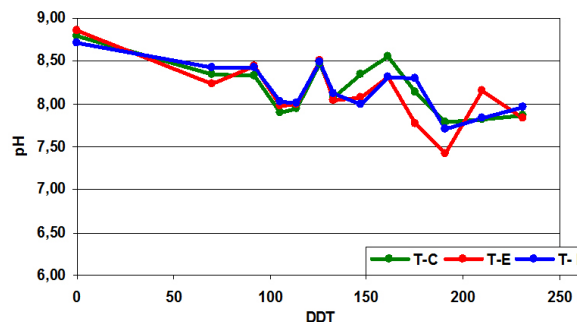


Figura 78. Evolución del pH en los lixiviados profundos para los tres tratamientos ensayados.

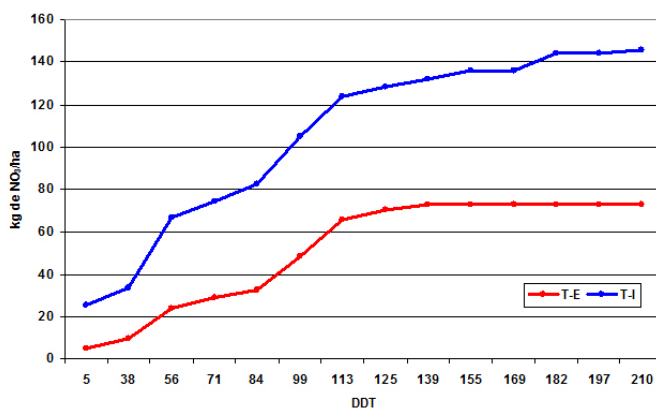


Figura 79. Evolución de la cantidad de nitratos en los lixiviados profundos. Campaña 2006-2007.

ANÁLISIS DE LIXIVIADOS PROFUNDOS. CAMPAÑA 2006-2007.

En la figura nº 79 se ha representado la evolución del contenido acumulado de nitratos analizados en las muestras de agua de lixiviados profundos recogidas en la campaña 2006-2007. La evolución de los dos tratamientos (T-E y T-I) fue en esta campaña similar a la observada en la campaña anterior. Desde el inicio del cultivo las diferencias entre ambos tratamientos se hacen visibles y siguen aumentando hasta los 210 ddt. Al igual que en la temporada anterior, el T-I termina con un valor acumulado de nitratos próximo a los 150 kg/ha. Sin embargo, el contenido en nitratos en los lixiviados profundos del TE se estabiliza desde los 139 ddt en un valor cercano a los 73 kg/ha.

un valor acumulado de nitratos próximo a los 150 kg/ha. Sin embargo, el contenido en nitratos en los lixiviados profundos del TE se estabiliza desde los 139 ddt en un valor cercano a los 73 kg/ha.

	kg [NO ₃]/ha	Test de Duncan
TE	72,63	A
TI	135,40	A

Tabla 83. Cantidad de nitratos acumulados en los lixiviados profundos. Campaña 2006-2007.

son homogéneos entre sí, y por tanto sus diferencias no son estadísticamente significativas. Dado que solo se trata de una anualidad, este resultado no es concluyente, debiendo analizarse estadísticamente todos los años de ensayos, lo que se realizaría en el siguiente apartado de esta tesis.

Al igual que en la campaña anterior, las muestras tomadas fueron utilizadas también para determinar su pH y conductividad eléctrica. En la figura nº 80 se ha representado la evolución media de la CE (dS/m) de las muestras

La cantidad final acumulada de nitratos recogidos en los lixiviados profundos de los dos tratamientos (valores medios de las parcelas de cada uno de ellos) es la que se presenta en la tabla nº 83. A pesar de que el T-I produjo una mayor cantidad de lixiviación de nitratos, debido a la aplicación de abonado mineral nitrogenado, el análisis estadístico realizado indica que los tratamientos T-E y T-I

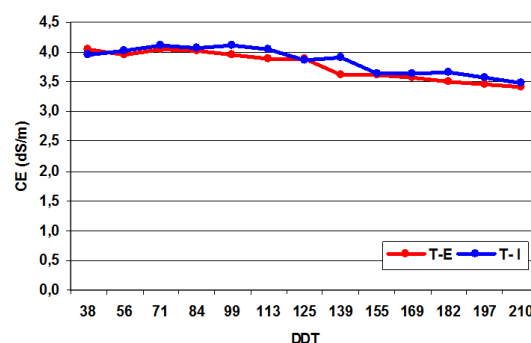
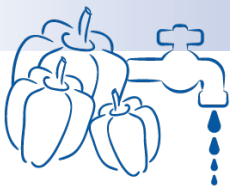


Figura 80. Evolución de la conductividad eléctrica en los lixiviados profundos. Campaña 2006-2007.



tomadas a lo largo del cultivo, y como puede observarse ambos tratamientos han seguido un comportamiento muy similar, siendo estable hasta los 113 ddt en valores cercanos a 4 dS/m y disminuyendo de forma casi constante hasta 3,5 dS/m al final del cultivo. Los valores medios obtenidos a lo largo de toda la campaña son 3,99 dS/m en el TE y 4,01 dS/m en el T-I, lo que incide aún más en la similitud de la evolución de la concentración de nitratos en los lixiviados profundos de ambos tratamientos.

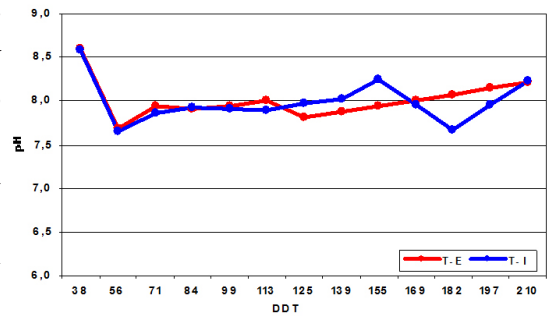


Figura 81. Evolución del pH en los lixiviados profundos. Campaña 2006-2007.

En cuanto al pH de los lixiviados profundos, los dos tratamientos presentaron una evolución similar, con ligeras diferencias entre ambos, tal como se muestra en la figura nº 81. Los valores medios obtenidos durante la campaña 2006-2007 han sido de 8,01 en el T-E y 7,99 en el T-I, siendo el pH medio conjunto de 8,0.

5.2.4.-Estudio de la información analítica de los lixiviados en las sondas de succión

ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS RECOGIDAS MEDIANTE SONDAS DE SUCCIÓN. CAMPAÑA 2005-2006

Las sondas de succión instaladas en las parcelas del ensayo a 25 y 50 centímetros de profundidad han permitido obtener muestras periódicas de agua del suelo sobre las que determinar el contenido de nitratos, conductividad eléctrica y pH. En las tablas nº 84 y 85 se presentan los valores medios obtenidos en la campaña 2005-2006, así como el resultado de los análisis estadísticos realizados, aplicando el test de Duncan.

TRATAMIENTO	ppm NO ₃ ⁻	C.E. (dS/m)	pH
TE – 25 cm	3,28 A	2,87 A	8,45 A
TI – 25 cm	42,88 B	3,58 B	8,55 A
TC – 25 cm	28,85 B	3,62 B	8,55 A

Tabla 84. Valores medios de concentración de nitratos, pH y C.E. en las sondas de succión a 25 cm. Campaña 2005-2006. Test de Duncan.

TRATAMIENTO	ppm NO ₃ ⁻	C.E. (dS/m)	pH
TE – 50 cm	65,34 A	2,76 A	8,32 A
TI – 50 cm	80,07 A	3,32 B	8,43 A
TC – 50 cm	310,52 B	3,36 B	8,41 A

Tabla 85. Valores medios de concentración de nitratos, pH y C.E. en las sondas de succión a 50 cm. Campaña 2005-2006. Test de Duncan.

De esta tabla se pueden extraer dos conclusiones principales en lo referente al contenido en nitratos en el agua del suelo. En primer lugar, el valor medio obtenido de las sondas de 25 cm de profundidad del T-E (3,28 ppm NO₃⁻) es estadísticamente diferente de los tratamientos T-I y T-C (42,88 y 28,85 ppm NO₃⁻, respectivamente). Esto puede responder al hecho de que al T-E no se le aplicó ningún abonado mineral nitrogenado y por tanto el contenido en nitratos era menor en la parte más superficial del suelo.

En segundo lugar, los valores medios obtenidos en las sondas instaladas a 50 cm de profundidad indican que existe diferencia estadísticamente significativa entre el TC (310,52 ppm NO₃⁻) y los otros dos tratamientos (65,34 y 80,07 ppm NO₃⁻, en TE y TI respectivamente). En este caso esta diferencia puede deberse a una acumulación de nitratos en profundidad en el TC debido a un mayor aporte de abonado mineral nitrogenado.

En la figura nº 82 puede observarse la evolución de la concentración de nitratos de las sondas a 25 y 50 cm. En esta gráfica se ve claramente cómo los valores del T-C a 50 cm estuvieron sensiblemente por encima del resto de muestras medidas.

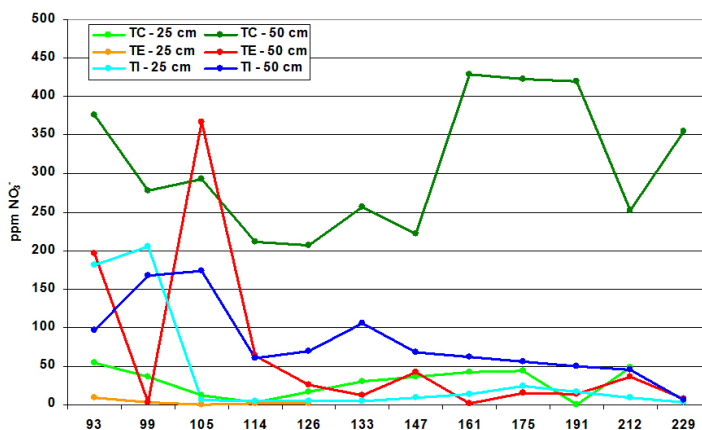
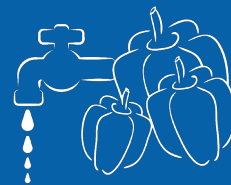


Figura 82. Evolución de la concentración de nitratos en las sondas de succión a 25 y 50 cm de profundidad. Campaña 2005-2006.

Los resultados estadísticos, reflejados en la tabla 86, muestran como en la concentración de nitratos media existen diferencias significativas en las muestras tomadas en sondas a 25 cm entre el T-E por un lado y el T-I y T-C por otro; pero en cambio en sondas a 50 cm las diferencias se presentan entre el T-E y T-I por un lado y el T-C por otro. Esto se explicaría porque el T-C es el que presenta un exceso de abonado mineral nitrogenado, que es lavado a las capas más profundas, pero que a 25 cm no sube en exceso porque es tomado por las raíces de las plantas.

TRATAMIENTO	Sondas a 25 cm PROMEDIO (ppm NO ₃)	Sondas a 50 cm PROMEDIO (ppm NO ₃)
T-E	1,51 A	50,83 A
T-I	32,61 B	59,58 A
T-C	21,79 B	233,58 B

Tabla 86. Concentración de nitratos media por tratamientos en sondas de succión a 25 y 50 cm de profundidad. Campaña 2005-2006. Test de Duncan.

En cuanto a la conductividad eléctrica medida en las muestras de las sondas, según se desprende de la tabla n° 86 existió diferencia estadísticamente significativa entre el tratamiento T-E y los tratamientos T-I y T-C, siendo estos últimos un grupo homogéneo. Esto ocurría en las muestras de las sondas de 25 cm; en las de 50 cm el T-E y T-I constituían un grupo homogéneo, con diferencias significativas con el T-C. Este hecho puede constatarse, además, mediante la observación de la figura n° 83 en la que se ha representado la evolución de la conductividad medida durante la campaña 2005-2006. En esta gráfica puede verse que los valores del T-E estuvieron la mayor parte del tiempo por debajo de los del T-I y T-C.

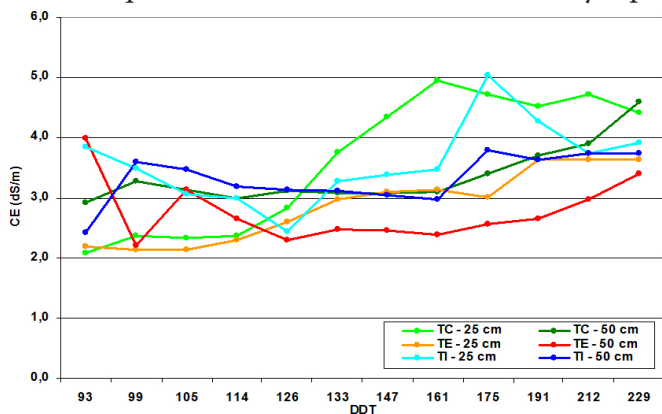


Figura 83. Evolución de la conductividad eléctrica en las sondas de succión a 25 y 50 cm de profundidad.

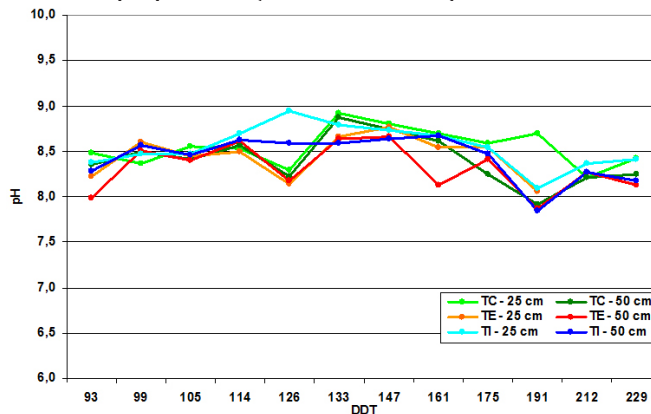


Figura 84. Evolución del pH en las sondas de succión a 25 y 50 cm de profundidad. Campaña 2005-2006.

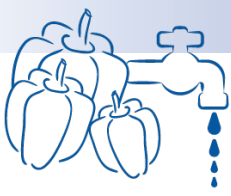
En lo referente a la evolución del pH, según lo indicado en la tabla n° 88 y en la figura n° 84 los valores obtenidos no se diferenciaban significativamente, aun obteniéndose valores ligeramente menores en el T-E que en T-I y T-C, más similares entre sí. El pH medio medido en las sondas de 25 cm fue de 8,52 y el de las sondas de 50 cm de 8,39.

TRATAMIENTO	Sondas a 25 cm PROMEDIO (ds/m)	Sondas a 50 cm PROMEDIO (ds/m)
TE	2,72 A	2,76 A
TI	3,60 B	3,32 B
TC	3,55 B	3,36 B

Tabla 87. Conductividad media por tratamientos en sondas de succión a 25 y 50 cm de profundidad. Campaña 2005-2006. Test de Duncan.

TRATAMIENTO	Sondas a 25 cm PROMEDIO	Sondas a 50 cm PROMEDIO
TE	8,45	8,32
TI	8,53	8,43
TC	8,53	8,41

Tabla 88. PH medio por tratamientos en sondas de succión a 25 y 50 cm de profundidad. Campaña 2005-2006. Test de Duncan.



ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS RECOGIDAS MEDIANTE SONDAS DE SUCCIÓN. CAMPAÑA 2006-2007.

En la campaña 2006-2007 se realizó un seguimiento de las muestras obtenidas mediante las sondas de succión similar al realizado en la campaña anterior, determinando igualmente su contenido en nitratos, conductividad eléctrica y pH. En las tablas nº 89 y 90 se muestran los valores obtenidos en sondas a 25 y 50 cm, así como el resultado de los análisis estadísticos realizado, empleando el test de Duncan.

TRATAMIENTO	ppm NO ₃ ⁻	C.E. (dS/m)	pH
TE - 25 cm	102,99 A	4,10 A	8,33 A
TI - 25 cm	316,75 A	4,84 A	8,33 A

Tabla 89. Valores medios de concentración de nitratos, pH y C.E. en las sondas de succión a 25 cm. Campaña 2006-2007. Test de Duncan.

TRATAMIENTO	ppm NO ₃ ⁻	C.E. (dS/m)	pH
TE - 50 cm	146,32 A	4,77 A	8,25 A
TI - 50 cm	212,84 A	5,18 A	8,26 A

Tabla 90. Valores medios de concentración de nitratos, pH y C.E. en las sondas de succión a 50 cm. Cosecha 2006-2007. Test de Duncan.

Según se observa en las tablas nº 89 y 90 el contenido en nitratos del T-I fue mayor que en el T-E, tanto en las muestras de las sondas de 25 cm como en las de 50 cm de profundidad. Sin embargo, el análisis estadístico indica que en ambos casos no existen diferencias significativas. La evolución de las concentraciones de nitratos medidas en las muestras se han representado gráficamente en la figura nº 85, en la que puede observarse una tendencia descendente en todos los casos. En esta campaña también se constata que el abonado mineral nitrogenado aplicado al T-I hizo que los valores de nitratos observados en las sondas del mismo fuesen mayores que los del T-E.

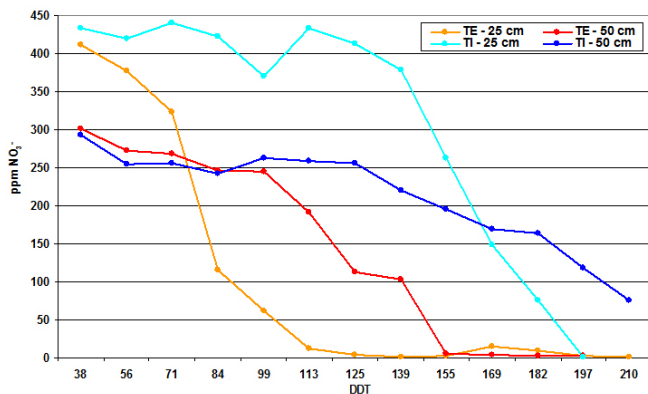


Figura 85. Evolución de la concentración de nitratos en las sondas de succión a 25 y 50 cm de profundidad. Campaña 2006-2007.

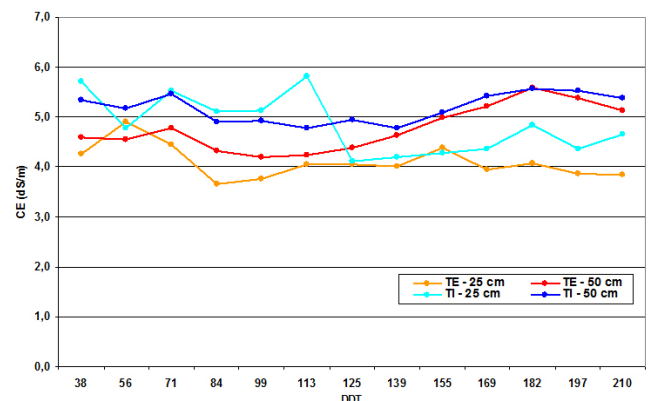


Figura 86. Evolución de la conductividad eléctrica en las sondas de succión a 25 y 50 cm de profundidad.

En lo referente a la conductividad eléctrica medida en las muestras de las sondas, según se desprende de la figura nº 86, los valores del T-I fueron ligeramente mayores que los del T-E, aunque esa diferencia no es estadísticamente significativa. También se observa que la conductividad eléctrica en las sondas de 25 cm fue generalmente inferior a la de las de 50 cm, excepto en algunas muestras del T-I al inicio del ensayo en las que la conductividad fue mayor en las sondas de 25 cm que en las de 50 cm. Este fenómeno pudo deberse a abonados puntuales.

En lo referente a la evolución del pH, según lo indicado en la figura nº 87, los valores obtenidos no se diferenciaban significativamente, aun obteniéndose valores ligeramente menores en el T-E que en T-I. El pH medio medido en las sondas de 25 cm fue de 8,33 y el de las sondas de 50 cm de 8,255.

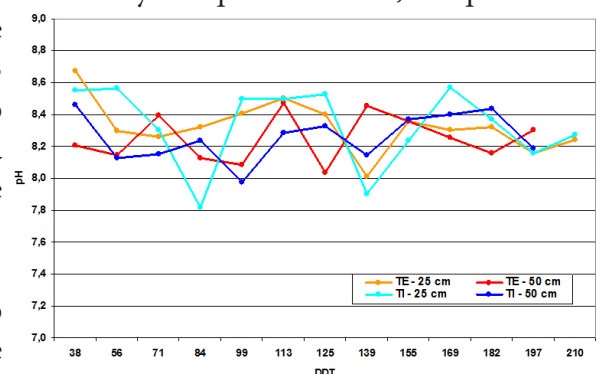
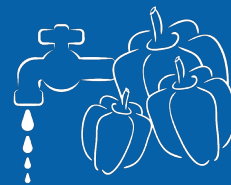


Figura 87. Evolución de la concentración de nitratos en las sondas de succión a 25 y 50 cm de profundidad. Campaña 2006-2007.



5.2.5.-Efecto de los tratamientos sobre la producción de pimientos. Campaña 2005-2006

Para evaluar la influencia de los distintos tratamientos sobre la producción de pimientos, se hicieron las recolecciones de manera separada para cada una de las parcelas lisimétricas. De este modo, en cada cosecha se pudieron pesar y clasificar las producciones de cada parcela y, por consiguiente, calcular las medias de cada tratamiento, al objeto de poder realizar los correspondientes análisis estadísticos. Este procedimiento se siguió tanto de forma análoga en la campaña 2005-2006 como en la campaña 2006-2007.

Los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa Statgraphics (v.5.1) y consistieron, principalmente el análisis de varianza, ANOVA unidireccional, para comprobar si las medias de dos o más grupos fueron o no significativamente diferentes. En los epígrafes siguientes se presentan los resultados obtenidos en estas campañas.

COSECHA OBTENIDA EN LA CAMPAÑA 2005-2006. PRODUCCIÓN (g/m²).

EXTRA	> 210 g
PRIMERA (I)	210-150 g
SEGUNDA (II)	150-110 g
TERCERA (III)	110-85 g
INDUSTRIA	< 85 g
DESTRÍO	Deformados

Tabla 91. Clasificación comercial de pimientos.
Campaña 2005-2006

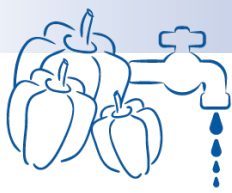
Como se indicó, tanto en esta campaña como en la siguiente se cultivaron pimientos de Tipo 'Lamuyo', cultivar 'Almudén' (fotografía nº 39). Al objeto de evaluar la comerciabilidad de las producciones obtenidas, se clasificaron los pimientos obtenidos en las categorías expresadas en la tabla nº 91, entendiéndose que las categorías extra, primera, segunda y tercera exigen pimientos sin defectos, además del peso correspondiente.

De entre las categorías consideradas, la única que no puede ser comercializada es la de destrío, aunque se creyó interesante contabilizarla al objeto de poder evaluar qué parte de producción resultaba ser desechable para cada tipo de tratamiento (convencional, integrado o ecológico).

A lo largo de este epígrafe se indicarán las evoluciones de las producciones obtenidas, en gramos por metro cuadrado (g/m²), en cada categoría, calculando si han existido o no diferencias estadísticas significativas entre los distintos tratamientos aplicados al cultivo. En esta campaña (2005-2006) se realizaron siete cosechas, siendo la primera a los 140 y la última a los 237 días después del transplante (ddt), tal como se indica en las tablas y gráficas que se presentan a continuación. En las tablas se han recogido las producciones medias obtenidas en cada cosecha, detalladas recolección a recolección en el Anexo X, así como el resultado del análisis estadístico realizado. Y en las gráficas se han representado tanto las cosechas en cada periodo (en formato de barras) como las producciones acumuladas (en formato de líneas).



Foto 39. Pimiento tipo 'Lamuyo' variedad 'Almudén', categoría primera.



En la tabla nº 92 y en la gráfica nº 88 puede observarse que la cosecha de pimientos de categoría extra obtenida durante la campaña 2005-2006 tuvo mayor productividad en las primeras recolecciones, teniendo unos valores máximos cercanos a los 3.000 g/m² de pimientos en la primera cosecha (140 ddt) y disminuyendo drásticamente en el resto. La producción acumulada final de pimientos fue de 6.505 g/m² en el caso del TI, 5.403 g/m² en TC y 4.418 g/m² en T-E.

	140 DDT		167 DDT		182 DDT		196 DDT		209 DDT		223 DDT		237 DDT	
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES
T-C	2.793	252,0	3.814	308,5	4.351 a	315,7	4.884 a	350,5	5.143 a	352,9	5.337 a	325,8	5.403 a	318,5
T-E	3.137	308,7	3.905	377,9	4.207 a	386,6	4.319 a	429,3	4378 a	432,2	4.418 a	399,0	4.418 a	390,1
T-I	3.227	252,0	4.719	308,5	5.779 b	315,7	6.279 b	350,5	6434 b	352,9	6.498 b	325,8	6.505 b	318,5
N.S.	n.s.		n.s.		TC-TI	TE-TI	TC-TI	TE-TI	TC-TI	TE-TI	TC-TI	TE-TI	TC-TI	TE-TI

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, p. integrada; T-C, p. convencional.

Tabla 92. Producción acumulada de Categoría Extra (g/m²). Campaña 2005-2006.

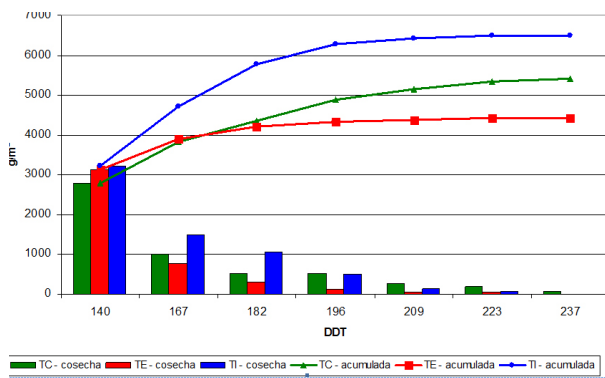


Figura 88. Producción de pimientos de Categoría Extra. Campaña 2005-2006.

A este respecto, cabe indicar que el análisis estadístico indica que el T-I empieza a mostrar diferencias significativas respecto a los tratamientos T-C y T-E a partir de los 182 ddt, siendo su producción final acumulada, significativamente mayor que en éstos.

En cuanto a la producción de pimientos de categoría I (tabla nº 93 y gráfica nº 89), la evolución de la productividad de los distintos tratamientos no presentó diferencias tan notables como en categoría extra, aunque se obtuvieron cosechas ligeramente mayores a los 140 y 223 ddt que en el resto. El tratamiento que mayor producción acumulada final de categoría I obtuvo en esta campaña fue también el TI, con 2.284 g/m², seguido por T-C con 2.156 g/m² y T-E con 1.663 g/m².

	140 DDT		167 DDT		182 DDT		196 DDT		209 DDT		223 DDT		237 DDT	
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES
T-C	456	81,4	666	91,0	841	100,9	1021 ab	133,8	1.260 ab	141,7	1.818 ab	137,4	2.156 b	145,9
T-E	284	99,7	435	111,5	628	123,6	818 a	163,9	1.171 a	173,5	1.526 a	168,3	1.663 a	178,6
T-I	331	81,4	521	91,0	926	100,9	1355 b	133,8	1641 b	141,7	2.165 b	137,4	2.284 b	145,9
N.S.	n.s.		n.s.		n.s.	TE-TI	TE-TI	TE-TI	TC-TI	TE-TI	TC-TI	TE-TI	TC-TE	TE-TI

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral; T-C, convencional.

Tabla 93. Producción acumulada de Categoría I (g/m²).

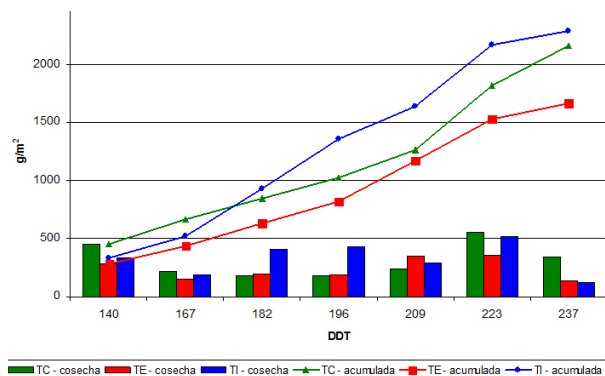


Figura 89. Producción de pimientos de Categoría I. Campaña 2005-2006.

El análisis estadístico de los valores obtenidos para categoría I, se empiezan a ver diferencias significativas entre T-E y T-I a partir de los 196 ddt, no existiendo al final de la campaña diferencias significativas entre el T-I y T-C, pero si entre éstos y T-E. Por tanto, la mayor producción final obtenida en T-I y T-C es significativamente mayor que la obtenida en el T-E, para la categoría I.



En el caso de la categoría II (tabla nº 94 y gráfica nº 90), se observó un aumento notable de la producción en las últimas cosechas, recogiendo entre 400 y 600 g/m² en la cosecha de 223 ddt y alrededor de 300 en la de 237 ddt. Los tratamientos T-E y T-I obtuvieron mayores producciones finales, próximos a los 1.200 g/m², que el TC con tan sólo 1.003 g/m².

	140 DDT		167 DDT		182 DDT		196 DDT		209 DDT		223 DDT		237 DDT			
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES		
T-C	64	12,9	106	18,9	160	26,5	211	29,2	283 a	38,0	702 a	55,9	1.003	92,1		
T-E	38	15,8	65	23,2	128	32,5	187	35,8	463 b	46,5	969 b	68,5	1.232	112,8		
T-I	29	12,9	79	18,9	146	26,5	210	29,2	377 ab	38,0	992 b	55,9	1.272	92,1		
N.S.	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		TC-TE		TC-TE		TC-TI		n.s.	

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral; T-C, convencional.

Tabla 94. Producción acumulada de Categoría II (g/m²).

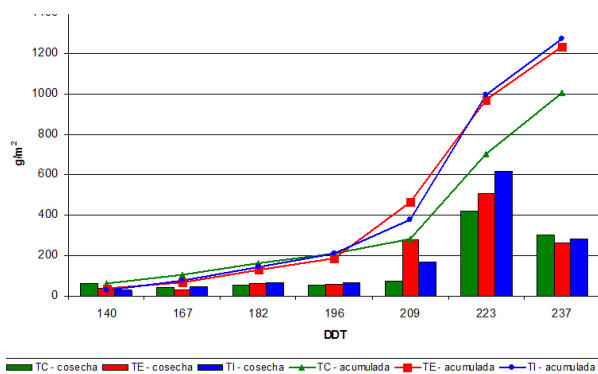


Figura 90. Producción de pimientos de Categoría II. Campaña 2005-2006.

fue mayor en el TE, con 660 g/m², seguida por el TI, con 549 g/m², y finalmente el tratamiento con menor producción fue el TC, con tan sólo 303 g/m².

	140 DDT		167 DDT		182 DDT		196 DDT		209 DDT		223 DDT		237 DDT							
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES						
T-C	8	2,7	18 b	3,6	30	5,9	30	8,4	41 a	19,1	139 a	28,3	303 a	49,3						
T-E	3	3,3	3 a	4,4	20	7,2	45	10,3	196 b	23,4	431 c	34,7	660 b	60,4						
T-I	2	2,7	7 a	3,6	23	5,9	46	8,4	91 a	19,1	287 b	28,3	549 b	49,3						
N.S.	n.s.		TC-TE		TC-TI		n.s.		n.s.		TC-TE		TE-TI		TC-TE-TI		TC-TE		TC-TI	

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral; T-C, convencional.

Tabla 95. Producción acumulada de Categoría III (g/m²). Campaña 2005-2006.

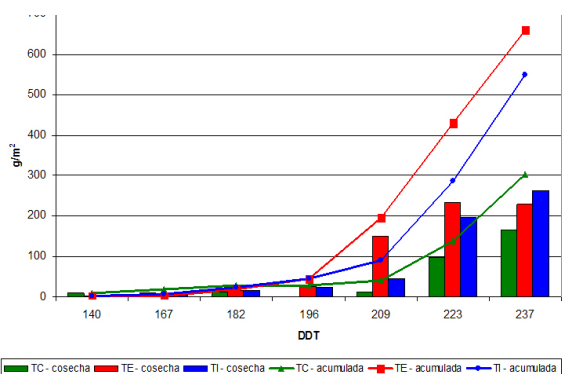


Figura 91. Producción de pimientos de Categoría III. Campaña 2005-2006.

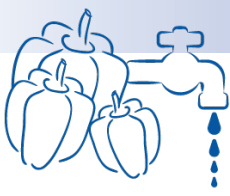
Sin embargo, según los resultados del análisis estadístico, a pesar de que a los 223 ddt esas diferencias parecían significativas, al final de la campaña (237 ddt) los tres tratamientos resultaron ser estadísticamente homogéneos.

En cuanto a la producción de pimientos de categoría III (tabla nº 95 y figura nº 91), se concentró la mayor parte de la cosecha en las dos últimas recolecciones. Para este tipo de pimientos, la producción final acumulada

fue mayor en el TE, con 660 g/m², seguida por el TI, con 549 g/m², y finalmente el tratamiento con menor producción fue el TC, con tan sólo 303 g/m².

En lo referente al análisis estadístico de los datos, se puede observar que la menor producción de pimientos de categoría III del TC en esta campaña resultó ser estadísticamente significativa.

En el caso de la producción de categoría "industria" (tabla nº 96 y gráfica nº 92), los tres tratamientos obtuvieron la mayor parte de la cosecha al final de la campaña, aunque en la cosecha de 140 ddt también se obtuvo una cantidad considerable. La producción final de pimientos de



	140 DDT		167 DDT		182 DDT		196 DDT		209 DDT		223 DDT		237 DDT	
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES
T-C	99	31,4	110	33,8	124	32,4	132	32,9	138 a	32,8	187 a	37,4	428 a	82,9
T-E	151	38,4	202	41,4	227	39,7	235	40,3	331 b	40,2	499 b	45,8	823 b	101,5
T-I	176	31,4	189	33,8	205	32,4	218	32,9	252 b	32,8	392 b	37,4	766 b	82,9
N.S.	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		TC-TE		TC-TI		TC-TE TC-TI	

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral; T-C, convencional.

Tabla 96. Producción acumulada de Categoría Industria (g/m^2). Campaña 2005-2006.

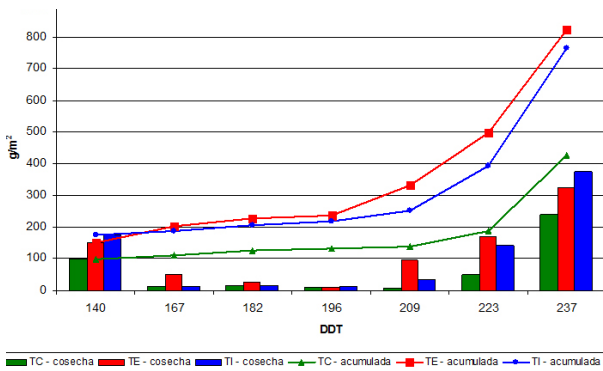


Figura 92. Producción de pimientos de Categoría Industria. Campaña 2005-2006.

Industria fue algo mayor que en el caso de categoría III, pero su comportamiento final fue similar, cosechando mayores producciones acumuladas finales los tratamientos T-E y T-I, con 823 y 766 g/m^2 respectivamente. En el T-C se cosechó tan solo algo más de la mitad que en los dos anteriores, con 428 g/m^2 . Esta diferencia de producciones del T-C respecto de T-E y T-I se empezó a observar que era estadísticamente significativa a partir de los 209 ddt y se mantuvo hasta el final de la campaña.

Como se ha indicado, los pimientos de la categoría destrío son aquellos que tienen algún tipo de daño o malformación que hace que no sea atractivo para su comercialización. Las producciones acumuladas finales (tabla nº 97 y gráfica nº 93) indican que el tratamiento que más pimientos de destrío obtuvo fue el T-I, con 395 g/m^2 . En el T-C se cosecharon 295 g/m^2 de pimientos y en el T-E tan sólo 163 g/m^2 .

	140 DDT		167 DDT		182 DDT		196 DDT		209 DDT		223 DDT		237 DDT	
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES
T-C	3	9,1	27	14,0	58	17,7	78	19,6	113	22,6	179 ab	31,8	295 ab	52,5
T-E	6	11,2	38	17,1	63	21,7	86	24,0	131	37,7	139 a	38,9	163 a	64,2
T-I	14	9,1	38	14,0	77	17,7	82	19,6	140	22,6	260 b	31,8	395 b	52,5
N.S.	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		TE-TI		TE-TI	

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral; T-C, convencional.

Tabla 97. Producción acumulada de Categoría destrío (g/m^2). Campaña 2005-2006

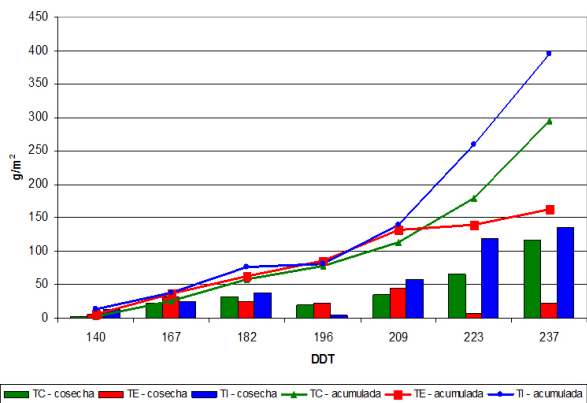


Figura 93. Producción de pimientos de Categoría Destruío. Campaña 2005-2006.

En cuanto al análisis estadístico, los tres tratamientos fueron estadísticamente homogéneos hasta los 209 ddt. A partir de ese momento y hasta el final de la campaña se observaron diferencias significativas entre los tratamientos T-E y T-I, siendo como se ha indicado la producción del T-I menor de la mitad del T-E. Por su parte, el T-C resultó ser estadísticamente homogéneo con los anteriores.

Como se indicó anteriormente, las categorías de pimientos consideradas comercializables son Extra, I, II, III e Industria. En la tabla nº 98 y gráfica nº 94



se presentan la suma de las producciones acumuladas de todas ellas. Como se puede ver, las mayores producciones de los tres tratamientos se obtuvieron en la cosecha de 140 ddt. A partir de ese momento el T-I fue el que mayor producción fue obteniendo en las diferentes cosechas, siendo su producción final acumulada de 11 375 g/m² (113,75 t/ha). Esto supuso algo más de un 22% mayor que la producción en el TC, con 9.293 g/m² (92,93 t/ha), y casi un 30% mayor que en el TE, con 8.796 g/m² (87,96 t/ha).

	140 DDT		167 DDT		182 DDT		196 DDT		209 DDT		223 DDT		237 DDT	
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES
T-C	3.420	304,2	4.714	347,7	5.506 a	349,9	6.279 a	426,9	6.865 a	459,8	8.184 a	426,8	9.293 a	433,4
T-E	3.612	372,5	4.609	425,9	5.210 a	428,6	5.604 a	522,8	6.539 a	563,2	7.842 a	522,7	8.796 a	530,8
T-I	3.766	304,2	5.514	347,7	7.078 b	349,9	8108 b	426,9	8796 b	459,8	10 333 b	426,8	11 375 b	433,4
N.S.	n.s.		n.s.		TC-TI	TE-TI	TC-TI	TE-TI	TC-TI	TE-TI	TC-TI	TE-TI	TC-TI	TE-TI

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral; T-C, convencional.

Tabla 98. Producción acumulada de pimientos comercializables (Extra, I, II, III, Industria), en (g/m²). Campaña 2005-2006.

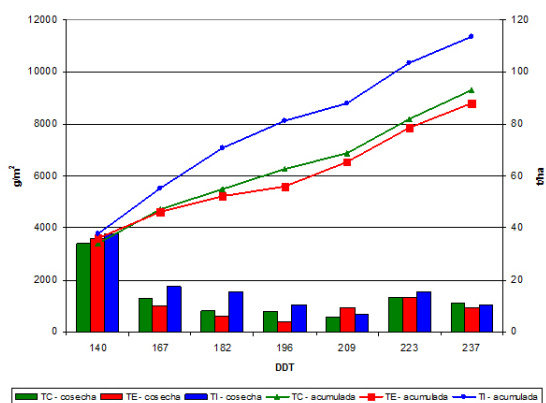


Figura 94. Producción por recolecciones y acumulada de pimientos comercializables (Extra, I, II, III, Industria). Campaña 2005-2006. Campaña 2005-2006.

Las diferencias de producción entre el T-I y los otros dos tratamientos empezaron a ser estadísticamente significativas a partir de los 182 ddt, manteniéndose esa situación hasta el final de la campaña.

Puede concluirse, por tanto, que el método de producción de pimientos bajo invernadero en la campaña 2005-2006 que mayor cosecha obtuvo fue el tratamiento integrado (T-I). También cabe indicar que la mayor productividad total también se observó en el T-I, incluyendo la parte de la cosecha no comercializable.

COSECHA OBTENIDA EN LA CAMPAÑA 2005-2006. NÚMERO DE FRUTOS.

Como se dijo en el apartado precedente, se definieron las siguientes categorías: Extra para pimientos perfectos con peso > 210 gr, primera para pimientos con peso entre 209 y 150 g, segunda para pimientos con peso entre 149 y 110 g, tercera para pimientos con peso entre 109 y 85 g e industria para pimientos con algún defecto, que no llegaba a ser tría por la presencia de enfermedades, roturas, etc. En las siguientes gráficas se refleja la producción acumulada de pimientos en número de frutos por metro cuadrado por tratamiento y categorías para la campaña 2005-2006.

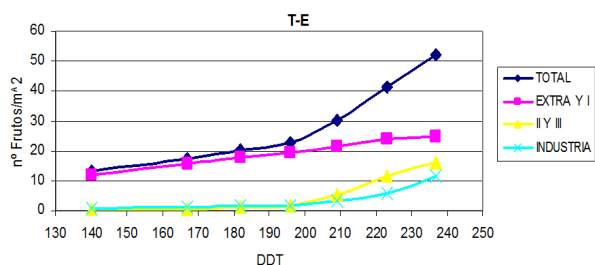


Figura 95. Número de frutos medio por metro cuadrado por categorías para cada recolección en el tratamiento ecológico. Campaña 2005-2006.

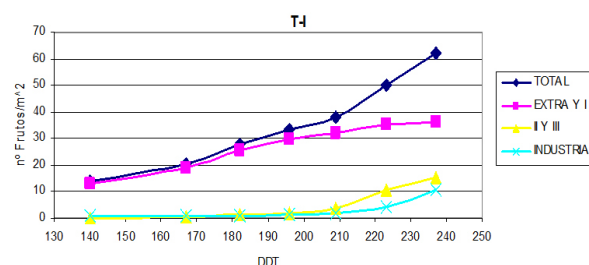


Figura 96. Número de frutos medio por metro cuadrado por categorías para cada recolección en el tratamiento integrado. Campaña 2005-2006.

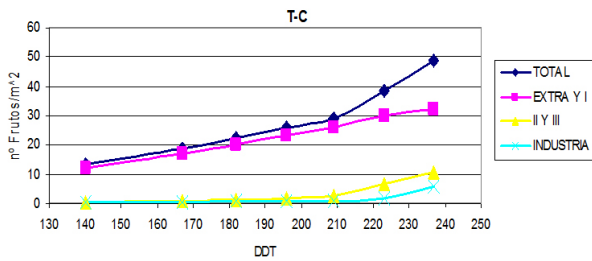
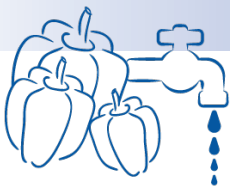


Figura 97. Número de frutos medio por metro cuadrado por categorías para cada recolección en el tratamiento convencional. Campaña 2005-2006.

Se observa en las anteriores gráficas como la evolución del número de frutos sigue una tendencia muy similar para los tres tratamientos ensayados en cada una de las recolecciones, si bien el T-I es el que produce un mayor número de frutos por metro cuadrado (en torno a 60), frente al T-E y T-C (en torno a 50), lo que trae como consecuencia también una mayor producción total. Respecto a las

categorías extra y I, las más interesantes comercialmente, el tratamiento que obtuvo mejores resultados fue también el T-I, con casi 40 frutos por metro cuadrado, seguido del T-C con algo más de 30 y del T-E con algo menos de 30; aunque la importancia del número de frutos es relativa porque también depende del peso de los mismos, siendo el dato comercial relevante el del peso de la cosecha de los frutos de la categoría extra y I, que ya se analizó en el apartado anterior.

5.2.6.-Efecto de los tratamientos sobre la producción de pimientos. Campaña 2006-2007

COSECHA OBTENIDA EN LA CAMPAÑA 2006-2007.

Como se ha dicho en el epígrafe anterior, los pimientos cultivados en esta campaña fueron,



Foto 40. Pimiento tipo "Lamuyo" variedad "Almudén", categoría primera.

al igual que en la anterior, de Tipo 'Lamuyo', cultivar 'Almudén' (fotografía nº 40). En cuanto a la clasificación en diferentes categorías de las cosechas se mantuvo la misma utilizada en la campaña anterior.

A la vista de los resultados obtenidos en 2005-2006, para esta nueva campaña se eliminó el tratamiento convencional (T-C). Esta decisión se tomó principalmente debido a que el T-C mostró una producción acumulada final similar a la del T-E, aunque con un uso de fertilizantes mucho mayor y, por tanto, con una mayor probabilidad

de contaminación de las aguas subterráneas, contrastada esta por los resultados obtenidos en la lixiviación de nitratos. Por otra parte, el mayor coste de cultivo del T-C respecto del T-E para obtener una producción similar hacía desaconsejable continuar los ensayos con el T-C.

En este epígrafe se muestran los resultados de la campaña 2006-2007, siguiendo las mismas pautas y tratamiento estadístico de los datos que en la campaña anterior. Sin embargo, en esta ocasión se realizaron 8 cosechas, como se puede ver en las siguientes tablas y figuras, iniciándose la primera a los 103 DDT y siendo la última a los 201 DDT.

	103 DDT		118 DDT		132 DDT		146 DDT		159 DDT		173 DDT		187 DDT		201 DDT	
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES
T-E	712	60,5	1.614	99,4	2.363 b	131,2	4.119	225,0	4.975	261,8	5.604	294,8	5.922	303,3	6.022	283,7
T-I	641	60,5	1.356	99,4	1.960 a	131,2	3.816	225,0	4.785	261,8	5.230	294,8	5.724	303,3	6.279	283,7
N.S.	n.s.		n.s.		TE-TI		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral.

Tabla 99. Producción acumulada de Categoría Extra (g/m²). Campaña 2006-2007.

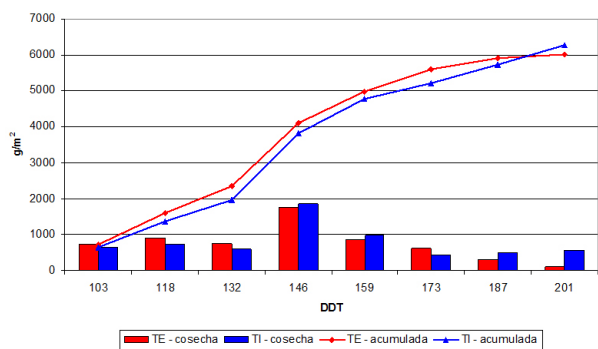


Figura 98. Producción por recolecciones y acumulada de pimientos de Categoría Extra. Campaña 2006-2007. Campaña 2005-2006.

Las producciones acumuladas finales de pimientos de categoría extra en la campaña 2006-2007 de los tratamientos T-I y T-E (tabla nº 99 y gráfica nº 98) indican que ambos se comportaron de forma similar, obteniéndose a los 201 ddt 6.279 y 6.022 g/m², respectivamente. Únicamente se observaron diferencias significativas entre las producciones de ambos tratamientos a los 132 ddt, pero el resultado al final de la campaña fue que ambas resultaban ser grupos homogéneos.

Al igual que en la categoría extra, la evolución de producciones en la categoría I fue similar para los tratamientos TE y TI. En este caso sí es resaltable, como puede verse en la gráfica nº 99 y la tabla nº 100, que la mayor parte de la producción se obtuvo en la última cosecha: el TE produjo un 54% del total en esa cosecha y el TI un 65%. La producción final acumulada fue de 1.766 g/m² para el primero, y de 2.169 g/m² para el segundo.

	103 DDT		118 DDT		132 DDT		146 DDT		159 DDT		173 DDT		187 DDT		201 DDT	
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES
T-E	197	31,4	238	35,6	240	36,8	286	53,7	353	63,0	505	67,5	817	70,8	1.766	145,4
T-I	212	31,4	250	35,6	263	36,8	386	53,7	477	63,0	584	67,5	753	70,8	2.169	145,4
N.S.	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral.

Tabla 100. Producción acumulada de Categoría I (g/m²). Campaña 2006-2007.

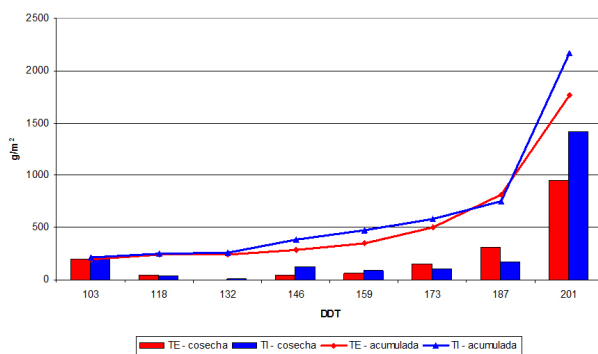


Figura 99. Producción por recolecciones y acumulada de pimientos de Categoría I. Campaña 2006-2007.

Según el estudio estadístico de los datos, y de forma similar que en la cosecha de categoría Extra, la evolución de la producción de pimientos de categoría I no produjo diferencias significativas entre los tratamientos TE y TI.

La producción de pimientos de categoría II fue muy escasa hasta los 187 ddt aumentando de forma brusca en la cosecha de 201 ddt (gráfica nº 100 y tabla nº 101). En esta última cosecha de la campaña se produjo un 84% de la producción total en el T-E y un 83% en el T-I. Las producciones acumuladas finales fueron de 876 y 695 g/m², respectivamente.

	103 DDT		118 DDT		132 DDT		146 DDT		159 DDT		173 DDT		187 DDT		201 DDT	
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES
T-E	35	10,0	40	11,4	41	11,7	50	13,6	64	16,6	77	18,7	143	22,7	876 b	50,0
T-I	46	10,0	52	11,4	57	11,7	64	13,6	79	16,6	100	18,7	121	22,7	695 a	50,0
N.S.	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		TE-TI	

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral.

Tabla 101. Producción acumulada de Categoría II (g/m²). Campaña 2006-2007.

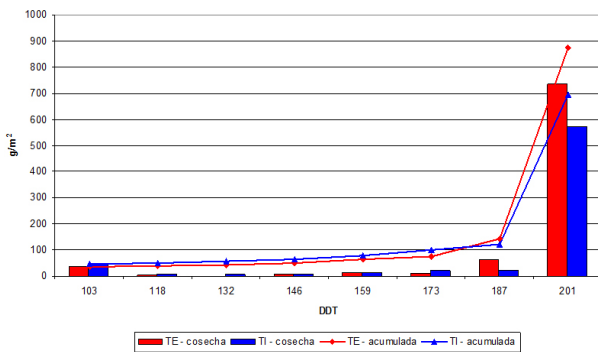
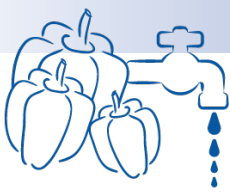


Figura 100. Producción por recolecciones y acumulada de pimientos de Categoría II. Campaña 2006-2007.

En cuanto al tratamiento estadístico de los datos de producción de pimientos de categoría II, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos hasta los 201 ddt, en la que las producciones acumuladas sí eran significativamente distintas, superando el T-E al T-I.

y un 92% de las producciones totales de los tratamientos T-E y T-I, respectivamente (gráfica nº 101 y tabla nº 102). Las producciones acumuladas finales fueron sensiblemente menores que en los casos anteriores, siendo de 259 en el T-E y de 238 g/m² en el T-I.

La producción de pimientos de categoría III presentó de nuevo un comportamiento similar al de los de categoría I y II. Se obtuvieron cosechas muy escasas hasta los los 187 ddt, produciéndose un 90

y un 92% de las producciones totales de los tratamientos T-E y T-I, respectivamente (gráfica nº 101 y tabla nº 102). Las producciones acumuladas finales fueron sensiblemente menores que en los casos anteriores, siendo de 259 en el T-E y de 238 g/m² en el T-I.

	103 DDT		118 DDT		132 DDT		146 DDT		159 DDT		173 DDT		187 DDT		201 DDT	
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES
T-E	13	4,6	15	4,6	15	4,6	17	5,0	19	5,2	20	5,6	27	8,3	259	21,8
T-I	7	4,6	7	4,6	7	4,6	8	5,0	9	5,2	10	5,6	19	8,3	238	21,8
N.S.	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral.

Tabla 102. Producción acumulada de Categoría III (g/m²). Campaña 2006-2007.

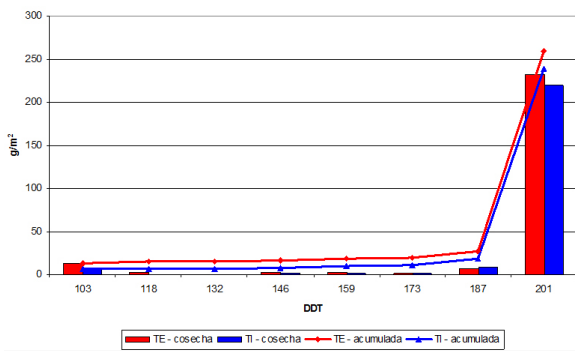


Figura 101. Producción por recolecciones y acumulada de pimientos de Categoría III. Campaña 2006-2007.

El tratamiento estadístico de los datos de producción de pimientos de categoría III no mostró diferencias significativas entre los tratamientos T-E y T-I en ninguna de las fases de la campaña 2006-2007.

En la cosecha de pimientos de categoría "industria" también se observó el mismo patrón de comportamiento que en las categorías anteriores, concentrándose casi toda la producción en la última cosecha, a los 201 ddt (gráfica nº 102 y tabla nº 103), de modo que en ésta se recogió un 96% de la producción total del T-E y un 86% de la del T-I. Las producciones acumuladas finales fueron de 257 en el T-E y de 247 g/m² en el T-I, muy similares a las obtenidas en la categoría III.

En la cosecha de pimientos de categoría "industria" también se observó el mismo patrón de comportamiento que en las categorías anteriores, concentrándose casi toda la producción en la última cosecha, a los 201 ddt (gráfica nº 102 y tabla nº 103), de modo que en ésta se recogió un 96% de la producción total del T-E y un 86% de la del T-I. Las producciones acumuladas finales fueron de 257 en el T-E y de 247 g/m² en el T-I, muy similares a las obtenidas en la categoría III.

	103 DDT		118 DDT		132 DDT		146 DDT		159 DDT		173 DDT		187 DDT		201 DDT	
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES
T-E	-	3,3	-	3,9	-	3,9	0 a	4,4	1 a	4,9	6 a	7,3	9 a	7,5	257	29,8
T-I	7	3,3	9	3,9	9	3,9	17 b	4,4	21 b	4,9	34 b	7,3	35 b	7,5	247	29,8
N.S.	n.s.		n.s.		n.s.		TE-TI		TE-TI		TE-TI		TE-TI		n.s.	

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral.

Tabla 103. Producción acumulada de Categoría Industria (g/m²). Campaña 2006-2007.

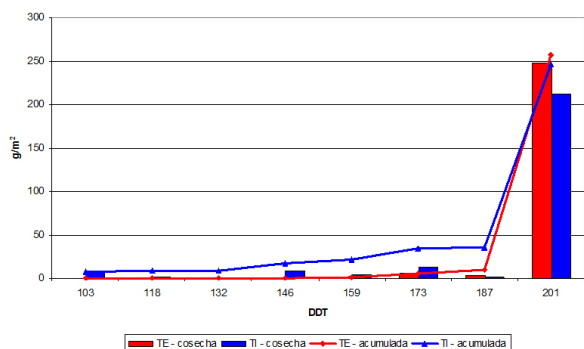
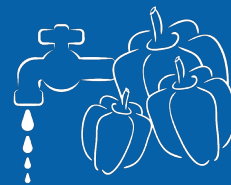


Figura 102. Producción por recolecciones y acumulada de pimientos de Categoría Industria. Campaña 2006-2007.

El tratamiento estadístico de los datos de producción de pimientos de categoría “industria” mostró diferencias significativas entre los 146 y 187 ddt, obteniéndose mayores producciones en el T-I. Sin embargo, el aumento de producción en la última cosecha hizo que el T-E obtuviera una producción final acumulada algo mayor que la del T-I, aunque la diferencia no resultó ser estadísticamente significativa.

El patrón de comportamiento de la producción de pimientos no comercializables (categoría destrío) fue similar que en las categorías anteriores, aunque las proporciones de producto obtenidas en la última cosecha no fueron tan elevadas (gráfica nº 103 y tabla nº 104). En este caso, se obtuvo el 55% de la producción total del TE y el 74% de la del TI. Las producciones acumuladas finales fueron de 849 y 712 g/m², para el TE y TI respectivamente.

	103 DDT		118 DDT		132 DDT		146 DDT		159 DDT		173 DDT		187 DDT		201 DDT	
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES
T-E	8	4,1	9	5,6	14	8,4	40	10,9	121	14,0	176 b	16,3	380 b	49,5	849	100,4
T-I	1	4,1	8	5,6	12	8,4	36	10,9	107	14,0	121 a	16,3	182 a	49,5	712	100,4
N.S.	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		TE-TI		TE-TI		n.s.	

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral.

Tabla 104. Producción acumulada de Categoría Destrío (g/m²). Campaña 2006-2007.

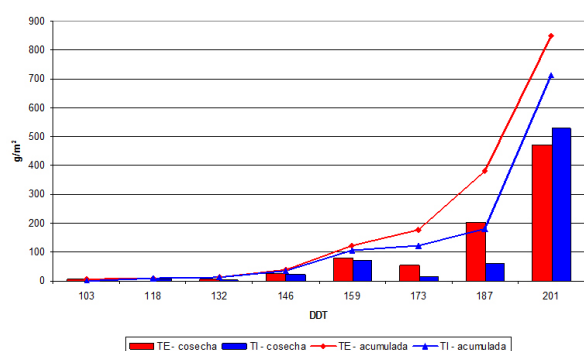


Figura 103. Producción por recolecciones y acumulada de pimientos de Categoría Destrío. Campaña 2006-2007.

En el análisis estadístico se comprobó que hubo diferencias significativas entre los tratamientos en las cosechas de 173 y 187 ddt, debido a un ligero aumento de la producción del T-E sobre el T-I. Sin embargo, las producciones finales acumuladas resultaron ser estadísticamente homogéneas y la ligera diferencia del T-E sobre el T-I no representaba diferencia significativa alguna.

A continuación se representan los datos conjuntos de todas las recolecciones y categorías de pimientos comercializables para los dos tratamientos ensayados:

	103 DDT		118 DDT		132 DDT		146 DDT		159 DDT		173 DDT		187 DDT		201 DDT	
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES
T-E	956	40,2	1.907 b	76,9	2.659 b	97,8	4.472	175,2	5.411	206,0	6.212	234,6	6.917	236,2	9.179	277,1
T-I	913	40,2	1.674 a	76,9	2.295 a	97,8	4.292	175,2	5.371	206,0	5.958	234,6	6.652	236,2	9.628	277,1
N.S.	n.s.		TE-TI		TE-TI		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral.

Tabla 105. Producción acumulada de pimientos comercializables (Extra, I, II, III, Industria) en g/m². Campaña 2006-2007.

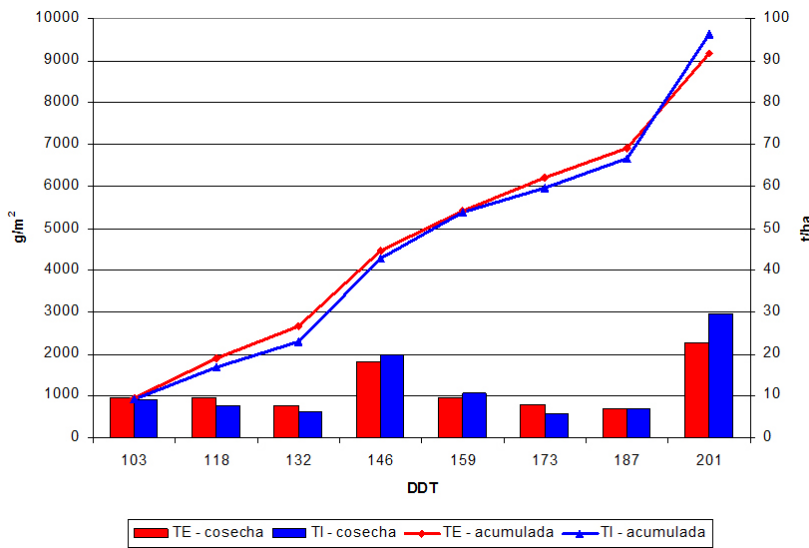
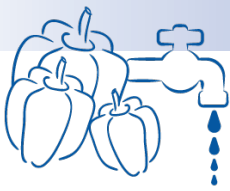


Figura 104. Producción por recolecciones y acumulada de pimientos comercializables (Extra, I, II, III, Industria). Campaña 2006-2007.

En la tabla n° 105 y la gráfica n° 104 se presentan la suma de las producciones acumuladas de las categorías de pimientos Extra, I, II, III e Industria obtenidos en la campaña 2006-2007, ya que como se dijo anteriormente éstas son las que se consideran comercializables, es decir las que realmente producen beneficios al final de las campañas. La producción acumulada final comercializable del T-I, 9,628 g/m² (96,28 t/ha), fue ligeramente mayor que la del TE, 9,179 g/m² (91,79 t/ha). De la observación de las producciones obtenidas para cada

categoría podría deducirse una conclusión equivocada, dado el patrón observado en las categorías de menor calidad consistente en producir más pimientos en la última cosecha, a los 201 ddt. Sin embargo, observando más detenidamente los valores de las distintas tablas, puede verse que en éstas categorías las producciones son muy inferiores a las de categoría extra y I. De hecho, la suma de estas dos categorías supone un 85% de la producción comercializable total en el T-E, alcanzando un 88% en el caso del T-I.

En lo referente al tratamiento estadístico de los datos de la campaña 2006-2007, se observó que había diferencias significativas entre los dos tratamientos a los 118 y 132 ddt, aunque ambos grupos fueron homogéneos desde ahí hasta el final de la campaña.

Puede concluirse, por tanto, que los dos métodos de producción, T-E y T-I, de pimientos bajo invernadero en la campaña 2006-2007 obtuvieron una cosecha comercializable final similar, a pesar de las diferencias de fertilización aplicadas al T-I. Así pues, a la vista de los datos analizados y sus resultados, podría concluirse que el T-E resulta más ventajoso por requerir una menor fertilización y por tanto presentar un menor coste de producción por este concepto. Una ventaja más sería la menor incidencia medioambiental sobre las aguas subterráneas del T-E, precisamente por esa misma razón.

En los siguientes diagramas se reflejan los porcentajes de cada grupo de categorías de pimiento en el T-E y en el T-I, pudiendo apreciarse como la producción total comercializable (suma de categorías Extra, I, II, III e Industria) es prácticamente igual en ambas.

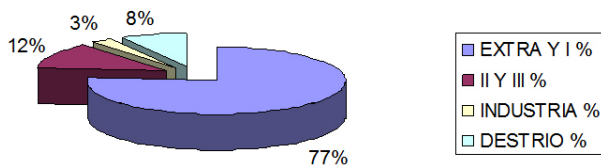


Figura 105. Diagrama en el que se representan todas las categorías de pimientos del tratamiento ecológico. Campaña 2006-2007.

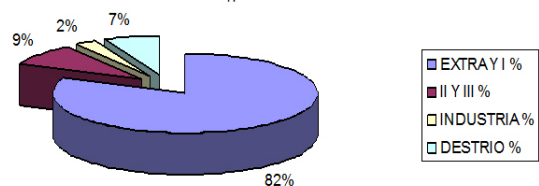


Figura 106. Diagrama en el que se representan todas las categorías de pimientos del tratamiento integrado. Campaña 2006-2007.



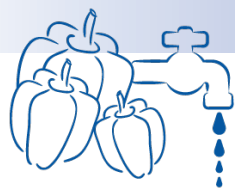
5.3.- RESULTADOS GLOBALES DE LIXIVIACIÓN Y PRODUCCIÓN 1999-2007

Se muestran en este apartado los resultados globales de los ocho años de ensayo, desde la primera plantación en diciembre de 1999 hasta la última recolección en julio de 2007, lo que nos permitirá tener una visión conjunta de todos los resultados, así como establecer las matrices de datos para los análisis estadísticos, pieza esta fundamental para poder obtener conclusiones en esta tesis. El objetivo de este apartado es ofrecer las matrices de datos empleadas para el análisis estadístico y algunas gráficas, sin explicarlos, punto este que se realiza tras el análisis.

5.3.1.- Volumen de riego aplicado y lixiviado para cada tratamiento 1999-2007

A continuación se refleja en la tabla nº 106 el volumen total de agua aplicada y el volumen lixiviado en m³/ha a lo largo de los ocho años de ensayos y para cada uno de los lixímetros, indicando además el agua aplicada en la solarización, en su caso. El volumen lixiviado es el total, el lixiviado durante el cultivo más el lixiviado en la solarización, en su caso.

Años	TRAT.	LIX.	SOLARIZACIÓN m ³ /ha	RIEGO m ³ /ha	VOL LIX. m ³ /ha
1999	T2	L1	NO	6.570	738
	T1	L2		6.752	1.731
	T4	L3		7.912	2.306
	T3	L4		7.684	1.858
	T1	L5		7.438	2.074
	T2	L6		6.782	1.357
	T3	L7		6.948	1.504
	T4	L8		6.857	1.160
2000	T2	L1	NO	4.566	722
	T1	L2		4.530	1.058
	T4	L3		4.715	1.122
	T3	L4		4.876	644
	T1	L5		5.274	1.054
	T2	L6		4.484	449
	T3	L7		4.529	457
	T4	L8		4.355	296
2001	T2	L1	NO	5.190	435
	T1	L2		5.016	676
	T4	L3		5.319	708
	T3	L4		5.412	383
	T1	L5		7.487 (AVERIA RED RIEGO)	1.335
	T2	L6		5.104	272
	T3	L7		5.290	510
	T4	L8		5.014	529



Años	TRAT.	LIX.	SOLARIZACIÓN m ³ /ha	RIEGO m ³ /ha	VOL LIX. m ³ /ha
2002	T0	L1	NO	5.984	901
	T1	L2		4.894	583
	T2	L3		5.792	1.081
	T0	L4		4.744	512
	T0	L5		6.474	1.690
	T1	L6		5.432	761
	T2	L7		5.772	1.005
	T2	L8		6.098	1.230
2003	TE	L1	NO	6.526	1.947
	TI	L2		6.522	1.991
	TC	L3		6.665	1.809
	TI	L4		6.527	1.555
	TE	L5		6.529	2.348
	TI	L6		6.528	2.058
	TC	L7		6.536	2.094
	TC	L8		6.531	1.704
2004	TE	L1	330	5.514	1.030
	TI	L2	106	4.975	546
	TC	L3	150	6.251	1.055
	TI	L4	156	5.777	860
	TE	L5	184	5.846	1.109
	TI	L6	172	5.307	702
	TC	L7	132	5.770	806
	TC	L8	329	5.447	962
2005	TE	L1	238	8.544	1.274
	TI	L2	225	7.766	850
	TC	L3	257	8.078	1.673
	TI	L4	253	8.503	1.755
	TE	L5	225	8.306	1.780
	TI	L6	224	8.100	881
	TC	L7	214	9.088	2.047
	TC	L8	208	7.562	2.023
2006	TE	L1	644	4.860	429
	TE	L2	622	4.906	316
	TI	L3	630	4.872	221
	TI	L4	647	5.044	82 (ROTURA LIXÍM)
	TE	L5	621	4.980	410
	TE	L6	631	4.900	379
	TI	L7	602	4.840	528
	TI	L8	585	4.849	260

NOTA: Riego se refiere al riego total (incluida la solarización)

Tabla 106. Volumen total de agua aplicada y volumen lixiviado en m³/ha a lo largo de los ocho años de ensayos y para cada uno de los lixímetros.



De toda la serie de datos, solamente dos son erróneos, uno debido a una rotura en la red de riego que liberó gran cantidad de agua al lixímetro 5 en 2001, lo que se tradujo en una lixiviación muy alta respecto a los demás lixímetros. El otro dato es una lixiviación anormalmente baja en la lixímetro L4 en 2006 debido a una rotura del mismo, que impidió vertiera los nitratos. Debido a la gran cantidad de datos tomados, los ha tomado la estadística como *outliers* o datos anormales, que no han afectado a los resultados finales, como se verá en el capítulo 5.4.

COMPARACIÓN DE DATOS DE 1999, 2000 y 2001

A continuación se comparan los datos de las tres primeras anualidades, por ser ensayos homogéneos basados en diferentes dosis de abonado mineral nitrogenado, obteniendo la media por tratamiento, así como la media global para los tres años de ensayos. La estadística se realizará para la totalidad de los años ensayados.

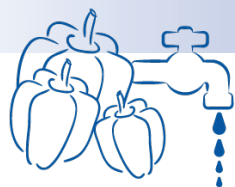
VOLUMEN LIXIVIADO Y REGADO:

	T-1	T-2	T-3	T-4	MEDIA
VOLUMEN DE AGUA APLICADA					
1999	7.095	6.676	7.316	7.384,5	7.117,62
2000	4.902	4.525	4.720,5	4.535	4.670,62
2001	6.251,5	5.147	5.351	5.166,5	5.479
MEDIA	6.082,83	5.449,33	5.795,83	5.695,33	5.755,80

	T-1	T-2	T-3	T-4	MEDIA	% lixiviado
VOLUMEN DE AGUA LIXIVIADA						
1999	1.902,5	1.047,5	1.681	1.733	1.591	22,35
2000	1.056	585,5	550,5	709	725,25	15,52
2001	1.005,5	353,5	446,5	618,5	606	11,06
MEDIA	1.321,33	662,17	892,67	1.020,17	974,08	16,9

Tabla 107. Volumen total de agua aplicada y volumen lixiviado en m³/ha a lo largo de los tres primeros años de ensayos y para cada uno de los tratamientos.

Como ya se ha comentado en alguna parte de esta tesis, el riego en el año 1999 se programó tomando los datos de la cubeta evapormétrica tipo A del exterior del invernadero, situada en el Centro Integrado de Formación y experiencias Agrarias de Torre-Pacheco, habiendo comprobado como el efecto debido a la acción de evaporación del viento sobredimensiona la evaporación real en el interior del invernadero y por ello el riego, y por ende el lixiviado, fueron mayores esa anualidad (campana 1999-2000). Para el resto de anualidades se programó el riego igualmente por el método de la FAO; pero tomando los datos de una cubeta tipo A situada en el interior del invernadero. Por ello, los datos de riego y lixiviado son mayores en el año 1999 que en los años 2000 y 2001, como se observa en la tabla nº 107.



COMPARACIÓN DE DATOS DE 2003, 2004, 2005 y 2006

VOLUMEN LIXIVIADO Y REGADO:

		T-E	T-I	T-C	MEDIA
VOLUMEN DE AGUA APLICADA	2003	6.527,5	6.525,67	6.577,33	6.543,5
	2004	5.680	5.353	5.822,67	5.618,56
	2005	8.425	8.123	8.242,67	8.263,56
	2006	4.911,5	4.911,25	-----	4.911,37
	MEDIA	6.386	6.228,23	6.880,89	6.498,37

		T-E	T-I	T-C	MEDIA
VOLUMEN LIXIVIADO	2003	2.147,5	1.868	1.869	1.961,5
	2004	1.069,5	702,67	941	904,39
	2005	1.527	1.162	1.914,33	1.534,44
	2006	383,5	272,75	-----	328,12
	MEDIA	1.281,87	1.001,35	1.574,78	1.286

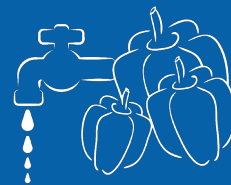
Tabla 108. Volumen total de agua aplicada y volumen lixiviado en m³/ha a lo largo de los cuatro últimos años de ensayos y para cada uno de los tratamientos.

La programación del riego se siguió realizando por el método de la FAO, tomando los datos de una cubeta evaporimétrica tipo A del interior del invernadero. La dosis de riego fue especialmente alta en 2005 (campana 2005-2006), debido a las condiciones climáticas de viento, insolación, etc., que fueron más elevadas de lo normal. A pesar de ello el porcentaje lixiviado se mantuvo dentro de los niveles normales, lo que es indicativo de que no se regó en exceso.

% lixiviado	T-E	T-I	T-C
2003	24,7	25,0	21,0
2004	17,5	12,1	16,2
2005	18,1	14,3	23,2
2006	14,6	17,1	21,7
MEDIA	18,72	17,12	20,52

Tabla 109. Volumen total de agua aplicada y volumen lixiviado en m³/ha a lo largo de los cuatro últimos años de ensayos y para cada uno de los tratamientos.

El porcentaje medio lixiviado de estas cuatro anualidades es del 18,79%, ligeramente superior a la media del periodo anterior de tres anualidades, que era del 16,9%. Ello se explica por la aparición de canales de preferencia en el suelo de los lixímetros, debido a que no se podía profundizar mucho con las labores por el riesgo de romper la tubería corrugada y el suelo en profundidad se fue compactando y formando canales.



Se observa gráficamente como el agua lixiviada solo es una pequeña parte del agua aportada, lixiviado que es normal en este tipo de cultivos según la mayoría de los autores. Se puede apreciar también como no hay grandes diferencias entre tratamientos, debido obviamente a que el riego fue programado igual en todos ellos.

En la tabla n°108 se representa gráficamente el volumen de riego y el volumen lixiviado en m³/ha por anualidades y por tratamientos, valores empleados para la matriz de datos estadísticos que se analizará en el apartado siguiente. Se reflejan los lixiviados individuales para cada lixímetro, empezando por el L-1 a la izquierda y terminando por el L-8 a la derecha, indicando el tratamiento que se ensaya.

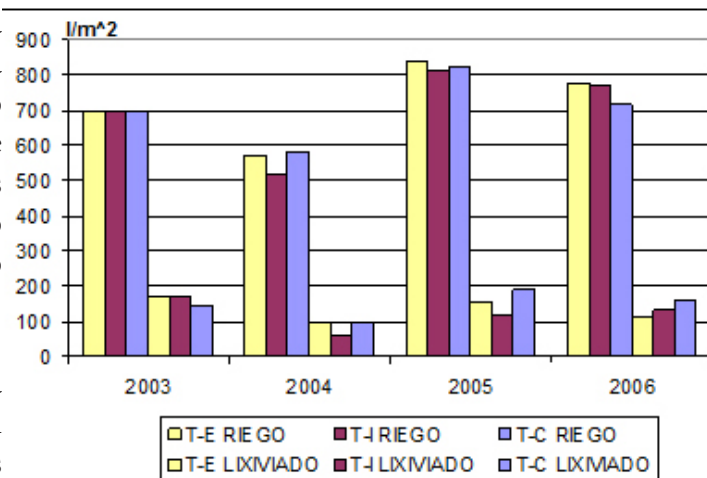


Figura 107. Porcentaje de agua lixiviada respecto a la aplicada a lo largo de los cuatro últimos años de ensayos y para cada uno de los tratamientos.

Volumen de Riego - Lixiviado en m³/ha en todos los ciclos

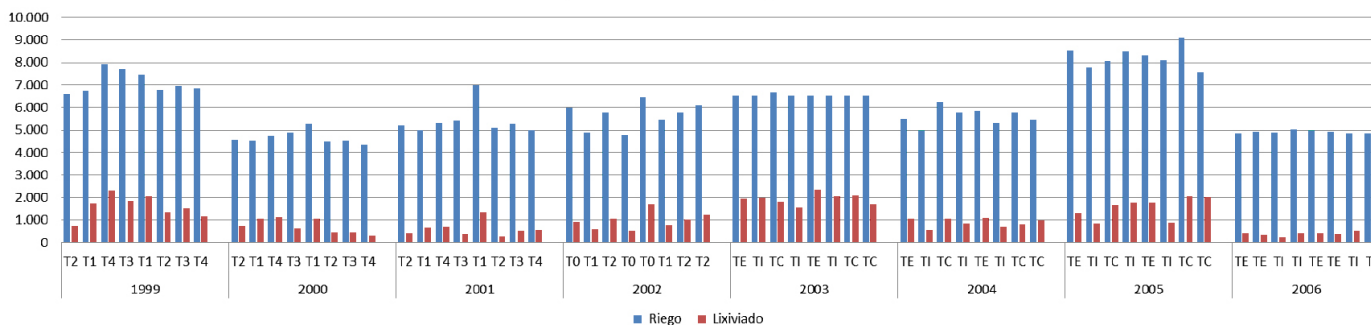


Figura 108. Porcentaje de agua lixiviada respecto a la aplicada por anualidades para todos los años de ensayos y para cada uno de los tratamientos. Campaña 2005-2006.

En las siguientes tablas se refleja el riego aplicado y el lixiviado para cada uno de los tratamientos ensayados y para cada lixímetro, empezando las columnas por el L-1 a la izquierda hasta el L-8 a la derecha, indicando el tipo de tratamiento ensayado. Las variaciones entre lixímetros, que según se verá en el análisis estadístico (apartado 5.4.1 de esta tesis) no son significativas, se deben a la distinta presión de salida del agua en función de la mayor o menor proximidad al punto de entrada del invernadero, si bien esta circunstancia se intentó corregir por medio de contadores volumétricos individuales a lo largo de todo el periodo de ensayos.

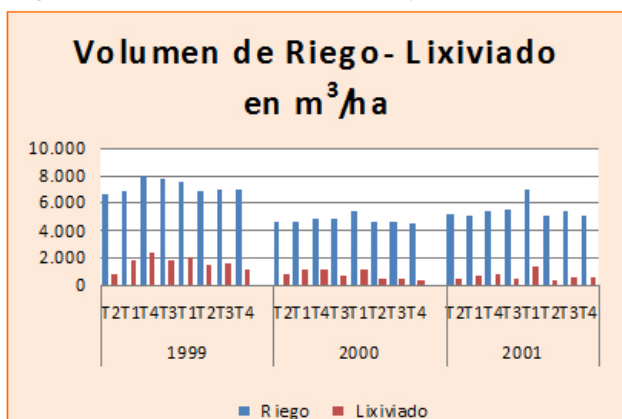


Figura 109. Porcentaje de agua lixiviada respecto a la aplicada para los tres primeros años de ensayos y para cada uno de los tratamientos. T-1 = 0 gN/m², T-2 = 15 gN/m², T-3 = 30 gN/m² y T-4 = 45 gN/m².

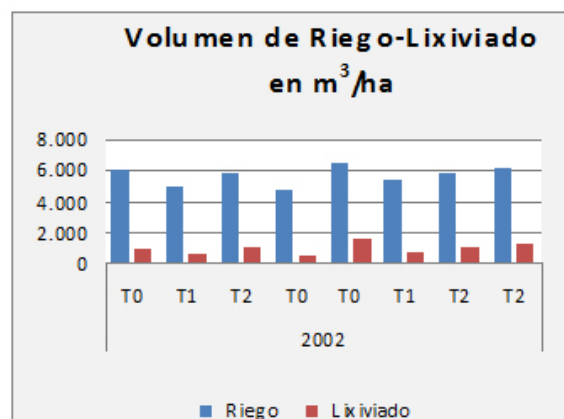


Figura 110. Porcentaje de agua lixiviada respecto a la aplicada para el año de ensayo 2002 y para cada uno de los tratamientos.

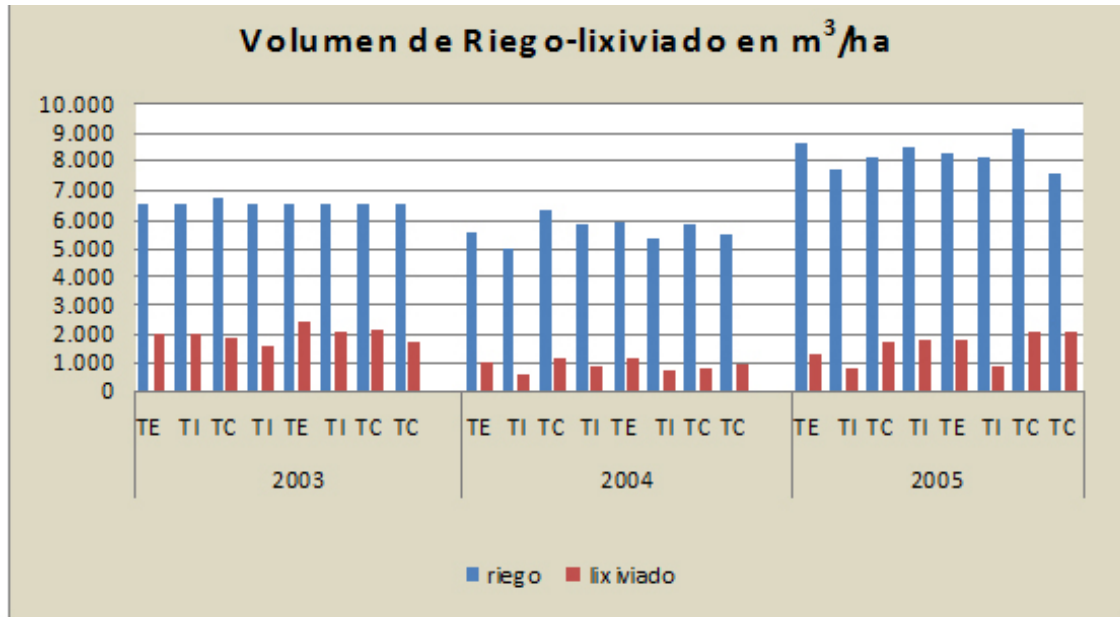
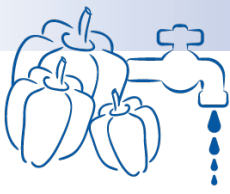


Figura 111. Porcentaje de agua lixiviada respecto a la aplicada para los tres años de ensayos y para cada uno de los tratamientos. T-E = cultivo ecológico (0 gN/m²), T-I = cultivo integrado (~15 gN/m²), T-C = cultivo convencional (~30 gN/m²).

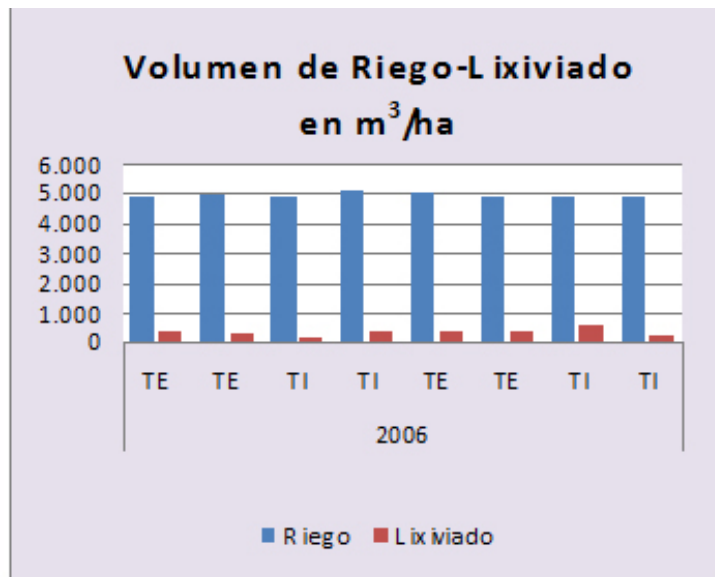
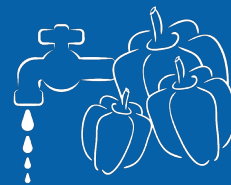


Figura 112. Porcentaje de agua lixiviada respecto a la aplicada para el último año de ensayos y para cada uno de los tratamientos. T-E = cultivo ecológico (0 gN/m²), T-I = cultivo integrado (~15 gN/m²).



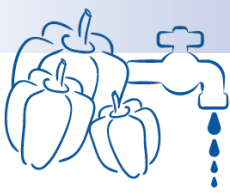
5.3.2.- Abonado mineral y estercolado aplicado por tratamiento 1999-2007

A continuación se refleja en la tabla nº 110 el abonado mineral aportado a lo largo de los ocho años de ensayos expresado en unidades fertilizantes de N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, S, Fe y Zn/Mn, así como el tipo de estiércol aplicado y las dosis, expresadas en g/m² y kg/m² respectivamente. El objeto de esta tabla-resumen es tener una visión en conjunto de la variable de los ensayos, el abonado mineral nitrogenado, tanto el aportado en forma mineral (N) como en forma orgánica (estiércol).

VARIEDAD	Año	TRAT.	N g/m ²	P ₂ O ₅ g/m ²	K ₂ O g/m ²	CaO g/m ²	MgO g/m ²	S g/m ²	Fe g/m ²	Zn/Mn g/m ²	TIPO ESTIERCOL	Dosis kg/m ²
LAMUYO	1999	T-1	0	10	60	0	0	0	0	0	Sirle de oveja	1,5
		T-2	15	10	60	27	0	0	0	0		
		T-3	30	10	60	54	0	0	0	0		
		T-4	45	10	60	81	0	0	0	0		
LAMUYO	2000	T-1	0	10	89	0	0,1	86	0	0	Sirle de oveja	1,5
		T-2	15	10	89	27	0,1	86	0	0		
		T-3	30	10	89	54	0,1	86	0	0		
		T-4	45	10	89	81	0,1	86	0	0		
LAMUYO	2001	T-1	0	12	90	0	0,1	82	0,04	0	Sirle de oveja	1,5
		T-2	14	12	90	26	0,1	82	0,04	0		
		T-3	28	12	90	50	0,1	82	0,04	0		
		T-4	41	12	90	75	0,1	82	0,04	0		
CALIFORNIA	2002	T-E	12,7	8,2	38	22	4	35	0	0	Estiércol caballo	5
		T-I	12,7	8,2	38	22	4	35	0	0		
		T-C	12,7	8,2	38	22	4	35	0	0		
CALIFORNIA	2003	T-E	0	0	0	0	0	0	0	0,6	Estiércol caballo	5
		T-I	15,7	7,8	28,3	13,4	5	4	0	0,6		
CALIFORNIA	2004	T-C	31,4	15,6	56,6	26,8	10	8	0	0,6	Sirle de oveja	4
		T-E	0	0	0	0	0	0	0	0		
		T-I	15,1	8,8	27	13	5	4	0	0		
CALIFORNIA	2005	T-C	30,2	17,6	54	26	10	8	0	0	Sirle de oveja	4
		T-E	0	0	0	0	0	0	0	0		
		T-I	15,1	9	27	12,6	5,2	10,1	0	0		
LAMUYO	2006	T-C	30,3	18	54	25,2	10,4	20,3	0	0	Sirle de oveja	4
		T-E	0	0	0	0	0	0	0	0		
		T-I	14,4	9	27	11,3	5,2	10,1	0	0	Sirle de oveja	4

Tabla 110. Abonado mineral aportado a lo largo de los ocho años de ensayos expresado en unidades fertilizantes de N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, S, Fe y Zn/Mn (g/m²) y tipo de estiércol aplicado (kg/m²).

Como ya se dijo, los tres primeros años (1999, 2000 y 2001) el ensayo consistió en cuatro dosis de abonado mineral nitrogenado, con pimiento 'Lamuyo'; el año 2002 (campana 2002-2003) se aplicaron las mismas dosis de abonado mineral nitrogenado a todas las parcelas resultantes de aplicar la formula del Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia, realizando un ensayo de lixiviación de plaguicidas, con pimiento 'California'; los años 2003, 2004 y 2005 se ensayaron tres tipos de cultivo, ecológico, integrado y convencional, con pimiento 'California' y la última anualidad (año 2006, campana 2006-2007) se ensayaron los tratamientos ecológico e integrado, por ser los que mejores resultados dieron en cuanto a la lixiviación de nitratos en relación con la producción en los anteriores ensayos.



5.3.3.- Cantidad de nitratos lixiviados para todos los años de ensayo

A continuación se refleja en la tabla n° 111 el volumen lixiviado y el nitrato lixiviado en kg/ha a lo largo de los ocho años de ensayos y para cada uno de los lixímetros. Se trata de los datos más importantes obtenidos durante el desarrollo de los ensayos de esta tesis, ya que nos reflejan el nitrato lixiviado en los drenajes profundos como resultado de multiplicar el volumen medido en cada uno de los lixiviados en m³ por la concentración en ppm obtenida en el espectrofotómetro, dando el nitrato lixiviado en kg/ha.

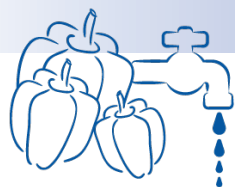
Años	TRAT.	LIX.	Volumen lixiviado (m ³)	[NO ₃ ⁻] media ppm en los lixiviados	Nitrato lixiviado (kg/ha)
1999	T2	L1	738		97,90
	T1	L2	1.731		52,43
	T4	L3	2.306		370,34
	T3	L4	1.858		258,98
	T1	L5	2.074		136,80
	T2	L6	1.357		140,58
	T3	L7	1.504		247,04
	T4	L8	1.160		189,71
2000	T2	L1	722	T1=77,31 T2=180,85 T3=240,80 T4=349,68	119,12
	T1	L2	1.058		56,79
	T4	L3	1.122		398,43
	T3	L4	644		138,22
	T1	L5	1.054		65,44
	T2	L6	449		28,45
	T3	L7	457		105,42
	T4	L8	296		106,83
2001	T2	L1	435	T1= 71,06 T2=135,19 T3=243,99 T4=433,23	59,28
	T1	L2	676		10,20
	T4	L3	708		246,56
	T3	L4	383		78,23
	T1	L5	1.335		108,48
	T2	L6	272		27,00
	T3	L7	510		124,68
	T4	L8	529		237,93
2002	T0	L1	901	SIN DATOS NO SE MIDIO POR SER IGUAL ABONADO	
	T1	L2	583		
	T2	L3	1.081		
	T0	L4	512		
	T0	L5	1.690		
	T1	L6	761		
	T2	L7	1.005		
	T2	L8	1.230		



2003	TE	L1	1.947		
	TI	L2	1.991		40
	TC	L3	1.809		148
	TI	L4	1.555		74
	TE	L5	2.348		14
	TI	L6	2.058		36
	TC	L7	2.094		130
	TC	L8	1.704		134
2004	TE	L1	1.030		180
	TI	L2	546		214
	TC	L3	1.055		301
	TI	L4	860		183
	TE	L5	1.109		142
	TI	L6	702		240
	TC	L7	806		220
	TC	L8	962		350
2005	TE	L1	1.274		131,86
	TI	L2	850		104,73
	TC	L3	1.673	TE= 99,96 a	173,35
	TI	L4	1.755	TI= 146,04 ab	200,29
	TE	L5	1.780	TC= 268,16 b	68,04
	TI	L6	881	(Test DUNCAN)	133,09
	TC	L7	2.047		303,87
	TC	L8	2.023		327,24
2006	TE	L1	429		104,43
	TE	L2	316		42,54
	TI	L3	221		59,9
	TI	L4	82 (ROTURA LIXÍMETRO)		Rotura lixímetro
	TE	L5	410		Se perdieron datos
	TE	L6	379		70,9
	TI	L7	528		196,65
	TI	L8	260		149,65

Tabla 111. Volumen lixiviado en m³/ha, concentración de los lixiviados en nitratos y kg/ha de N lixiviado, a lo largo de los ocho años de ensayos y para cada uno de los lixímetros.

Como se puede apreciar en la tabla, en la anualidad 2002 (campana 2002-2003, con cultivo en diciembre de 2002 y arranque en julio de 2003), no se realizaron mediciones, debido a que el ensayo era de plaguicidas y todos los tratamientos tenían el mismo abonado mineral y orgánico. No se dispone de datos tampoco del lixímetro 4 el año 2006, ya que por avería en el sistema de riego se inundó de agua y se prefirió no medir este dato, ni tampoco en el lixímetro 5 en 2006, porque el plástico inferior se rajó y hubo que repararlo, perdiendo los datos de esa anualidad. En las anualidades 1999, 2003, 2004 y 2006 no se reflejan los datos de la conductividad media de las muestras, porque se apuntó solamente la medida de la cantidad de nitratos lixiviada. Los datos de N lixiviado en 2003 son más bajos porque no se pudieron analizar las muestras de lixiviados de la biofumigación y los



primeros riegos de plantación, debido a una rotura en el espectrofotómetro, que hubo de ser arreglado y recalibrado de nuevo. No obstante, los datos reflejados incluyen el mismo número de muestras analizadas para los 8 lixímetros, por lo que se incorporaron como válidos a la estadística global.

5.3.4.- Producción comercializable y destrío por tratamiento 1999-2007

En la tabla nº 112 se refleja la producción comercializable, de destrío y total obtenida en g/m² para todos los años y todos los tratamientos ensayados.

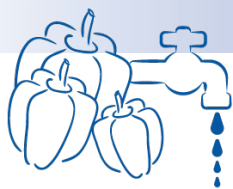
AÑO	TRAT.	Lix.	Comercializable	Destrío	TOTAL	Diseño experimental
1999	T2	L1	7.317	1.527	8.844	
	T1	L2	7.721	778	8.499	
	T4	L3	5.614	702	6.316	
	T3	L4	6.054	857	6.911	
	T1	L5	6.813	840	7.653	
	T2	L6	6.645	1.218	7.863	
	T3	L7	4.912	1.073	5.985	
	T4	L8	6.553	1.043	7.596	
2000	T2	L1	4.995	708	5.703	T1 = 0 g N/m ² T2= 15 g N/m ² T3= 30 g N/m ² T4= 45 g N/m ²
	T1	L2	4.648	720	5.368	
	T4	L3	3.473	420	3.893	
	T3	L4	5.911	393	6.304	
	T1	L5	5.955	359	6.314	
	T2	L6	5.438	397	5.835	
	T3	L7	4.334	664	4.998	
	T4	L8	5.531	775	6.306	
2001	T2	L1	9.033	162	9.195	
	T1	L2	8.494	223	8.717	
	T4	L3	7.868	149	8.017	
	T3	L4	8.804	144	8.948	
	T1	L5	8.209	154	8.363	
	T2	L6	8.822	157	8.974	
	T3	L7	7.572	62	7.634	
	T4	L8	7.660	152	7.892	
2002	T0	L1	9.465	1.196	10.661	T0= SIN BUPROFEZIN T1= Bup. Semanal T2= Buprofezín Bisemanal Todos 13 g N/m ²
	T1	L2	10.074	724	10.798	
	T2	L3	8.918	577	9.495	
	T0	L4	8.451	669	9.120	
	T0	L5	9.829	555	10.384	
	T1	L6	9.657	693	10.350	
	T2	L7	9.159	488	9.647	
	T2	L8	8.672	639	9.311	



2003	TE	L1	10.132	3.823	13.955	
	TI	L2	9.431	810	10.241	
	TC	L3	6.914	1.102	8.016	
	TI	L4	6.350	798	7.148	
	TE	L5	10.070	1.410	11.480	
	TI	L6	7.791	1.667	9.458	
	TC	L7	4.471	726	5.197	
	TC	L8	5.794	513	6.307	
2004	TE	L1	10 729	2.925	13.650	TE = Cultivo ecológico TI= Cultivo integrado TC= Cultivo convencional
	TI	L2	7.832	810	8.642	
	TC	L3	6.777	1.525	8.302	
	TI	L4	7.788	1.092	8.880	
	TE	L5	7.649	1.236	8.885	
	TI	L6	7.965	1.139	9.104	
	TC	L7	6.942	1.191	8.133	
	TC	L8	5.563	1.279	6.842	
2005	TE	L1	8.235	1.014	9.242	
	TI	L2	9.996	415	10.411	
	TC	L3	7.302	305	7.607	
	TI	L4	9.230	423	9.653	
	TE	L5	9.711	912	10.623	
	TI	L6	9.944	464	10.408	
	TC	L7	8.699	709	9.408	
	TC	L8	7.694	1.127	8.821	
2006	TE	L1	8.537	234	8.771	TE = Cultivo ecológico TI= Cultivo integrado
	TE	L2	12 190	643	12.833	
	TI	L3	11 025	238	11.263	
	TI	L4	10 655	275	10.930	
	TE	L5	9.056	92	9.148	
	TE	L6	11 280	267	11.547	
	TI	L7	9.547	373	9.920	
	TI	L8	7.306	274	7.580	

Tabla 112. Producción en g/m² por lixímetro para todas las anualidades.

Respecto al año 2002 los datos de producción de esta anualidad no tienen como variable la aportación diferencial de nitratos, ya que se corresponden con un análisis de plaguicidas, no obstante se realizó el abonado mineral nitrogenado según los cálculos del C.B.P.A. de la Región de Murcia y se ha creído por ello conveniente incluirlos en los resultados estadísticos de la producción de los apartados 5.4.3 y 5.4.4 de esta tesis. Por un error al introducir en el programa estadístico el número de repeticiones de esta matriz, hay diferencias en los datos de producción del T-E y T-C al realizar el análisis de los mismos. No obstante, estas diferencias son pequeñas y no afectan en absoluto a los datos y conclusiones obtenidas.



5.4.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS CONJUNTOS DE TODAS LAS CAMPAÑAS 1999-2007

A continuación se realiza el análisis estadístico de los datos obtenidos en los ensayos para el conjunto de todas las campañas, lo que constituye la parte fundamental de esta tesis a los efectos de la obtención de conclusiones a partir de los datos numéricos extraídos. Para dicho análisis se ha utilizado el software estadístico SPSS 13.0 (Statistical Package for the Social Sciences) de IBM (<http://www.spss.com>) por considerarlo el software de analítica predictiva más adaptado a los ensayos, además de ser el más utilizado en centros de investigación de todo el mundo y por su potente interfaz, que permite realizar análisis complejos, tablas descriptivas, diagramas y opera con gran rapidez.

5.4.1.- ANOVA de la lixiviación de nitratos por tratamiento. Campañas 1999-2007

En las tablas n° 113 y 114 se refleja el resultado de los descriptivos estadísticos del análisis de la varianza (ANOVA) de la lixiviación de nitratos (kg/ha de nitrato lixiviado como resultado de la cantidad de nitratos lixiviados en los lixímetros multiplicados por la concentración medida en el espectrofotómetro) para cada uno de los tratamientos ensayados, lo que constituye el estudio estadístico más importante para analizar los resultados de esta tesis y poder obtener conclusiones válidas al respecto. Los datos empleados derivan de la tabla n° 111.

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza	Asimetría	Curtosis			
	Estadístico	Estadístico			Estadístico	Error típ.	Estadístico	Estadístico	Error típ.	Estadístico	Error típ.	
LIXIV_NITRATOS	56	388,23	10,20	398,43	145,55	12,620	94,44	8919,05	,85	,31	,19	,62
N válido (según lista)	56											

Tabla 113. Estadísticos descriptivos de la lixiviación de nitratos para los 7 años de que se disponen valores y los 8 lixímetros ensayados.

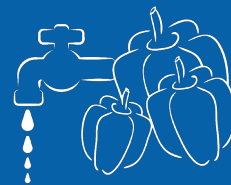
En la tabla n° 113 se reflejan los principales estadísticos de ANOVA, con la lixiviación de nitratos como variable dependiente y el N aportado (tratamientos) como variable independiente. Nos ofrece el valor mínimo y máximo obtenido (kg/ha de nitrato lixiviado) en una unidad experimental o lixímetro, 10,20 y 398,43 respectivamente, la media de la población.

Como sabemos, según la distribución normal, el 95% de las medias se encontrará entre $-1,96 \sigma_x$ y $+1,96 \sigma_x$, siendo σ_x el error típico de la media. Por lo tanto, hay un 95% de probabilidades de que la media de la población se encuentre entre la media de la muestra mas menos 1,96 errores típicos. Estos estadísticos se calculan de la siguiente manera:

N = 56, es el tamaño muestral, el número de casos estudiados, que resulta 56 por haberse obtenido datos de lixiviación durante 7 de las 8 campañas y en 8 unidades experimentales (lixímetros).

$$\text{Media de la población: } X = \sum_{i=1}^{J=56} X_{ij} / N = 145,5532$$

$$\text{Desviación típica de la población: } \sigma = \sqrt{8919,057} = 94,44076$$



Error típico: $\sigma_x = \sigma / \sqrt{N-1} = 94,44076 / \sqrt{56-1} = 12,7295$, que es la desviación estándar de las distribuciones muestrales de las medias

Entre $[145,5532 - (1,96 \times \sigma_x)]$ y $[145,5532 + (1,96 \times \sigma_x)]$ están los límites de los intervalos de confianza = $[145,55 - 24,95]$ y $[145,55 + 24,95] = 120,6 - 170,5$; que son los límites entre los que podemos situar la media de la población con un determinado grado de confianza o de seguridad de no equivocarnos (95%). Estos valores del intervalo de confianza los ofrece el programa SPSS en la tabla nº 114, con una mayor aproximación decimal y son los límites inferior y superior de la media de la población (lixiviación de nitratos).

La tabla nº 113 que nos ofrece el programa SPSS también nos da las medidas de distribución, que nos permiten identificar la forma en que se separan los valores de acuerdo a una representación gráfica y las más importantes son la asimetría y la curtosis. La primera nos permite identificar si los datos se distribuyen de una forma uniforme alrededor de un punto central. Como el coeficiente de asimetría de Fisher $0,857 > 0,5$, la curva es asimétricamente positiva, por lo que los valores tienden a reunirse en la parte izquierda de la media. Esto indica que tanto los tratamientos T-0, T-1 como los cultivos ecológico (T-E) e integrado (T-I) también contribuyen a la lixiviación de nitratos pese a la menor cantidad o nula de N mineral aportado. Respecto a la curtosis, nos determina el grado de concentración que presentan los valores en la región central de la distribución y cómo el coeficiente de curtosis $0,197 > 0$, la distribución es leptocúrtica. Por ello, los ensayos no siguen una distribución normal perfecta, que sería aquella en la que tanto el coeficiente de asimetría como el de curtosis están en el entorno de 0,5.

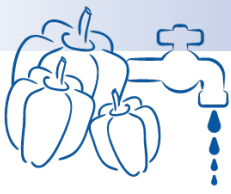
ANOVA DE UN FACTOR Descriptivos

LIXIV_NITRÓGENO

	N	MEDIA	DESVIAC TÍPICA	ERROR TÍPICO	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
T1	6	71,69	44,73	18,26	24,74	118,63	10,20	136,80
T2	6	78,72	47,76	19,49	28,59	128,84	27,00	140,58
T3	6	158,76	75,83	30,95	79,18	238,34	78,23	258,98
T4	6	258,30	109,89	44,86	142,96	373,63	106,83	398,43
TE	10	90,68	51,23	16,20	54,03	127,33	14,00	180,00
TI	13	134,75	69,01	19,14	93,04	176,46	36,00	240,00
TC	9	231,94	89,14	29,71	163,42	300,45	130,00	350,00
Total	56	145,55	94,44	12,62	120,26	170,84	10,20	398,43

Tabla 114. Análisis de la varianza del factor lixiviación de nitratos para los tratamientos ensayados.

La tabla nº 114 ofrece los descriptivos por tratamiento, considerando los tratamientos para los que se ha medido la lixiviación de nitratos. El tamaño de la población es 56 (7 años x 8 lixímetros), la columna de N la frecuencia con la que se repitió cada uno de los tratamientos. Así, T-1 es 6 porque este tratamiento (0 g N mineral) se repitió en dos lixímetros durante tres anualidades (1999, 2000 y 2001). El error típico de la población es 12,62018 y los límites extremos de la media con una probabilidad de error del 5% son 120,2618 y 170,8446. Esta tabla también ofrece los límites máximo y mínimo de la media de la población (10,20 y 398,43).



ANOVA DE UN FACTOR

LIXIV_NITRÓGENO

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	235634,21	6	39272,37	7,54	,000
Intra-grupos	254913,91	49	5202,325		
Total	490548,13	55			

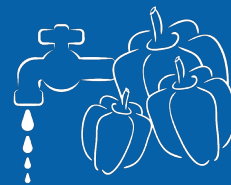
Tabla 115. Resumen del procedimiento ANOVA de un factor (lixiviación de nitratos), con el estadístico F de Fisher-Snedecor.

La tabla n° 115 es la tabla resumen del procedimiento de análisis de la varianza (ANOVA) de un factor, en la que se refleja la variación de los tratamientos entre las medias de los grupos (inter-grupos) y la variación de los tratamientos dentro de cada grupo (intra-grupos), los grados de libertad (N-1) y el resultado del estadístico F de Fisher-Snedecor, válido para poblaciones normales y varianzas iguales y que significa que si $F > 1$ las medias muestrales son diferentes. En nuestro análisis el nivel crítico o nivel de significación (Sig.) es cero, lo que significa que (al ser menor que 0,05) rechazamos la hipótesis de igualdad de las medias y concluimos que las poblaciones definidas por la variable “nitrato aportado” no dan la misma lixiviación de nitratos según el tratamiento aplicado.

El estadístico F (Fisher-Snedecor) del ANOVA únicamente nos permite contrastar la hipótesis general de que los promedios comparados son iguales. Al rechazar esta hipótesis, sabemos que las medias comparadas no son iguales, pero no sabemos dónde se encuentran concretamente las diferencias, si son diferentes entre si todas las medias o solo hay una media que difiere de las demás, por ejemplo. Para saber qué media difiere de qué otra, debemos utilizar un tipo particular de contrastes denominados de comparaciones múltiples o *post hoc* o comparaciones a posteriori, que permiten controlar la probabilidad de cometer el error de rechazar una hipótesis nula que en realidad no debería rechazarse. Para averiguar qué medias en concreto difieren de qué otras, vamos a aplicar el test de la diferencia honestamente significativa de Tukey (1953) HSD, que es uno de los métodos de mayor aceptación en este tipo de ensayos.

En la tabla n° 116 aparecen todas las posibles combinaciones entre los niveles o categorías de la variable factor (variable independiente o cantidad de N aportado); las diferencias entre la lixiviación de nitratos entre cada dos grupos, el error típico de esas diferencias y el nivel crítico asociado a cada diferencia o significación. Los grupos cuyas medias difieren significativamente al nivel de significación establecido (0,05) están marcados con asterisco en la tabla.

Capítulo 5 Resultados y discusión



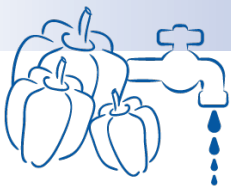
PRUEBAS *POST HOC* Comparaciones múltiples

Variable dependiente: LIXIV_NITROGENO
HSD de Tukey

TRAT (I)	TRAT (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1	T2	-7,03167	41,64	1,000	-135,04	120,97
	T3	-87,07167	41,64	,374	-215,08	40,93
	T4	-186,61000*	41,64	,001	-314,62	-58,59
	TE	-18,99700	37,24	,999	-133,49	95,49
	TI	-63,06462	35,59	,573	-172,49	46,36
	TC	-160,25000*	38,01	,002	-277,10	-43,39
T2	T1	7,03167	41,64	1,000	-120,97	135,04
	T3	-80,04000	41,64	,476	-208,05	47,97
	T4	-179,57833*	41,64	,001	-307,58	-51,56
	TE	-11,96533	37,24	1,000	-126,46	102,53
	TI	-56,03295	35,59	,699	-165,46	53,39
	TC	-153,21833*	38,01	,003	-270,07	-36,36
T3	T1	87,07167	41,64	,374	-40,93	215,08
	T2	80,04000	41,64	,476	-47,97	208,05
	T4	-99,53833	41,64	,225	-227,54	28,47
	TE	68,07467	37,24	,536	-46,42	182,57
	TI	24,00705	35,59	,993	-85,42	133,43
	TC	-73,17833	38,01	,474	-190,03	43,67
T4	T1	186,61000*	41,64	,001	58,59	314,62
	T2	179,57833*	41,64	,001	51,56	307,58
	T3	99,53833	41,64	,225	-28,47	227,54
	TE	167,61300*	37,24	,001	53,11	282,10
	TI	123,54538*	35,59	,018	14,11	232,97
	TC	26,36000	38,01	,992	-90,49	143,21
TE	T1	18,99700	37,24	,999	-95,49	133,49
	T2	11,96533	37,24	1,000	-102,53	126,46
	T3	-68,07467	37,24	,536	-182,57	46,42
	T4	-167,61300*	37,24	,001	-282,10	-53,11
	TI	-44,06762	30,33	,771	-137,32	49,19
	TC	-141,25300*	33,14	,002	-243,12	-39,37
TI	T1	63,06462	35,59	,573	-46,36	172,49
	T2	56,03295	35,59	,699	-53,39	165,46
	T3	-24,00705	35,59	,993	-133,43	85,42
	T4	-123,54538*	35,59	,018	-232,97	-14,11
	TE	44,06762	30,33	,771	-49,19	137,32
	TC	-97,18538*	31,27	,046	-193,33	-1,04
TC	T1	160,25000*	38,01	,002	43,39	277,10
	T2	153,21833*	38,01	,003	36,36	270,07
	T3	73,17833	38,01	,474	-43,67	190,03
	T4	-26,36000	38,01	,992	-143,21	90,49
	TE	141,25300*	33,14	,002	39,37	243,12
	TI	97,18538*	31,27	,046	1,04	193,33

Tabla 116. Prueba *post hoc* o de comparaciones múltiples de la cantidad de N lixiviado para cada tratamiento.

*. La diferencia de medias es significativa al cuando es menor o igual a 0.05. En caso contrario no hay diferencias significativas



A la vista de los resultados obtenidos, podemos concluir que todos los promedios comparados difieren significativamente: T-4 (45 gN/m²) y T-C (cultivo convencional) difieren significativamente de T-1 (0 gN/m²), T-2 (15 gN/m²), T-I (cultivo integrado) y T-E (cultivo ecológico). Los límites del intervalo de confianza de las dos últimas columnas de la tabla n° 116 permiten estimar entre qué límites se encuentra la verdadera diferencia entre las medias de los grupos; pero al utilizar estos intervalos para decidir sobre la hipótesis de igualdad de medias hay que tener en cuenta que el intervalo se obtiene individualmente para cada diferencia, sin establecer control sobre la tasa de error, por lo que se debe recurrir a la tabla de subgrupos homogéneos del procedimiento ANOVA de un factor. Esta tabla (n° 117) ofrece una clasificación de los grupos basada en el grado parecido existente entre sus medias. Así, en el subconjunto 1 están incluidos tres tratamientos (T-1, T-2 y T-E) cuyas medias difieren significativamente de las otras, en el subconjunto 2 están incluidos dos tratamientos (T-I y T-3) que difieren de los tres anteriores y en el subconjunto 3 están incluidos dos tratamientos (T-C y T-4) que difieren a su vez de los dos anteriores. Todo esto a un nivel de significación del 95%.

Subconjuntos homogéneos

IXIV_NITROGENO
HSD de Tukey

TRAT.	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T1	6	71,69		
T2	6	78,72		
TE	10	90,68		
TI	13	134,75	134,75	
T3	6	158,76	158,76	158,76
TC	9		231,94	231,94
T4	6			258,30
Sig.		,26	,15	,13

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 7,332.

b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Tabla 117. Subconjuntos homogéneos de los tratamientos respecto de la lixiviación de nitratos.

Así, la tabla n° 117 nos permite ver, una vez rechazada la hipótesis nula del ANOVA de que todas las medias son iguales, averiguar qué medias en concreto difieren de qué otras medias, estando incluidos en el subconjunto 1 cinco subgrupos (T-1, T-2, T-E, T-I y T-3) cuyas medias no difieren significativamente (significación = 0,259), en el subconjunto 2 tres subgrupos (T-I, T-3 y T-C) cuyas medias no difieren significativamente (significación = 0,155) y en el subconjunto 3 están incluidos tres subgrupos (T-3, T-C y T-4) cuyas medias no difieren significativamente (significación = 0,136). De una manera gráfica (figura n° 113) podemos observar claramente como las medias de los tratamientos T-1, T-2 y T-E son parecidas, las de los tratamientos T-I y T-3 son parecidas y las de los tratamientos T-C y T-4 son también parecidas, resultado totalmente lógico que corrobora las hipótesis de partida al diseñar los ensayos de esta tesis.

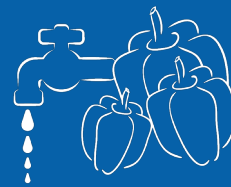


Gráfico de las medias

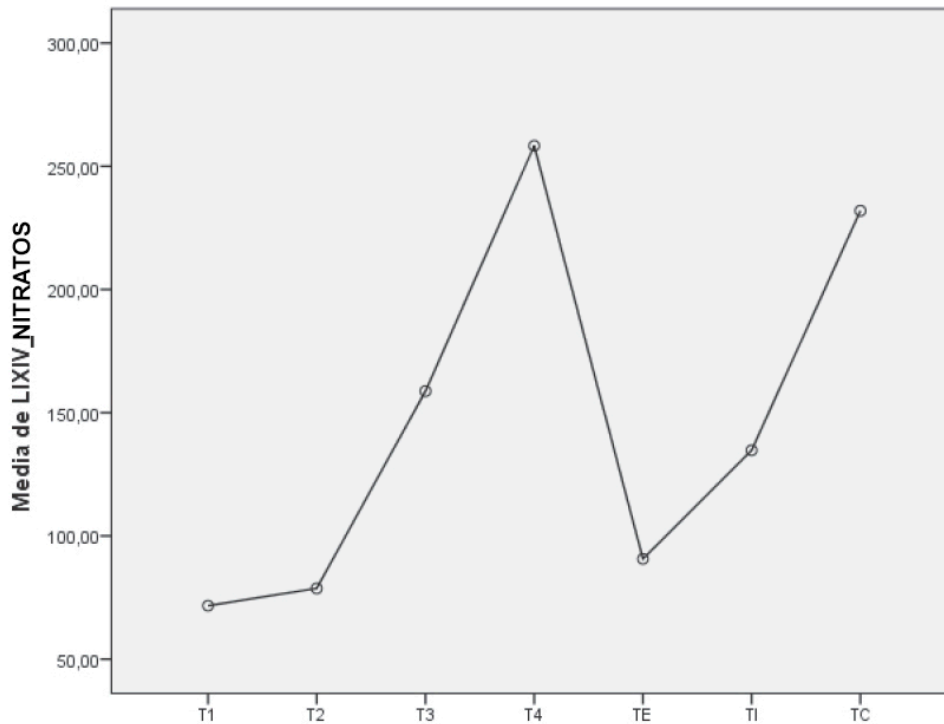


Figura 113. Gráfico de las medias de la lixiviación de nitratos respecto a los tratamientos.

Dado que la hipótesis nula es cierta (las medias de nitrato lixiviado son diferentes según el tratamiento aplicado), y la población estudiada sigue una distribución normal (como se verá posteriormente en el histograma de frecuencias), podemos realizar la prueba t de Student, que permite comparar medias. La tabla n° 119 indica como valor de $t = 11,533$, lo que significa que este es el número de unidades estimadas que están separando las medias de los grupos. Así, la probabilidad de conseguir una diferencia de 11,533 kg/ha de nitrato lixiviado sería de 5 de cada 100 veces.

Prueba t

	Estadísticos para una muestra			
	N	Media	Desviación t _p .	Error t _p . de la media
LIXIV_NITRATOS	56	145,55	94,44	12,62

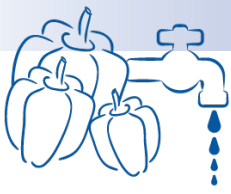
Tabla 118. Estadísticos de la lixiviación de nitratos para la media de todos los tratamientos.

PRUEBA PARA UNA MUESTRA

Valor de prueba = 0

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Límite inferior	Límite superior
LIXIV_NITRATOS	11,533	55	,000	145,55321	120,2618	170,8446

Tabla 119. Prueba t de Student de comparación de medias para la lixiviación de nitratos.



Podemos observar en las tablas n° 118 y 119 como la media de la muestra de que disponemos, con $N = 56$, es de 145,55 kg nitratos/ha. Al aplicar la prueba t de Student comprobamos que asumiendo un nivel de significación del 5% podemos rechazar la hipótesis nula de que nuestra muestra procede de una población en la cual la lixiviación de nitratos es nula (valor de prueba = 0) y la probabilidad de equivocarnos al rechazar la hipótesis nula es prácticamente de un 0%. Comprobamos así que la diferencia entre la media obtenida en la muestra y la media de la población de prueba es de 145,5532 y también nos señala que con un nivel de confianza del 95%, está comprendida para la población entre 120,26 y 170,84.

En el siguiente diagrama de cajas (figura n° 114), se observa la distribución de los datos de los tratamientos respecto de la lixiviación de nitratos, viendo claramente como los valores extremos de la lixiviación de nitratos se dan en los tratamientos T-4 (45 gN/m²), T-3 (30 gN/m²) y T-C (cultivo convencional) y la menor lixiviación en los tratamientos T-1 (0 gN/m²), T-2 (15 gN/m²), T-E (cultivo ecológico) y T-I (cultivo integrado). La parte superior del brazo de cada tratamiento indica el valor máximo obtenido en un lixímetro para ese tratamiento y la parte inferior el mínimo, lo que nos permite ver gráficamente la variabilidad entre lixímetros. La raya horizontal de la caja indica la mediana (50%) de lixiviación de nitratos ese año, indicando la barra los intervalos superior e inferior de los distintos lixímetros, con un cuartil del 25% y del 75% respectivamente. El gráfico, pues, proporciona una visión general de la simetría de la distribución de los datos, de manera que si la mediana no está en el centro del rectángulo, la distribución no es simétrica.

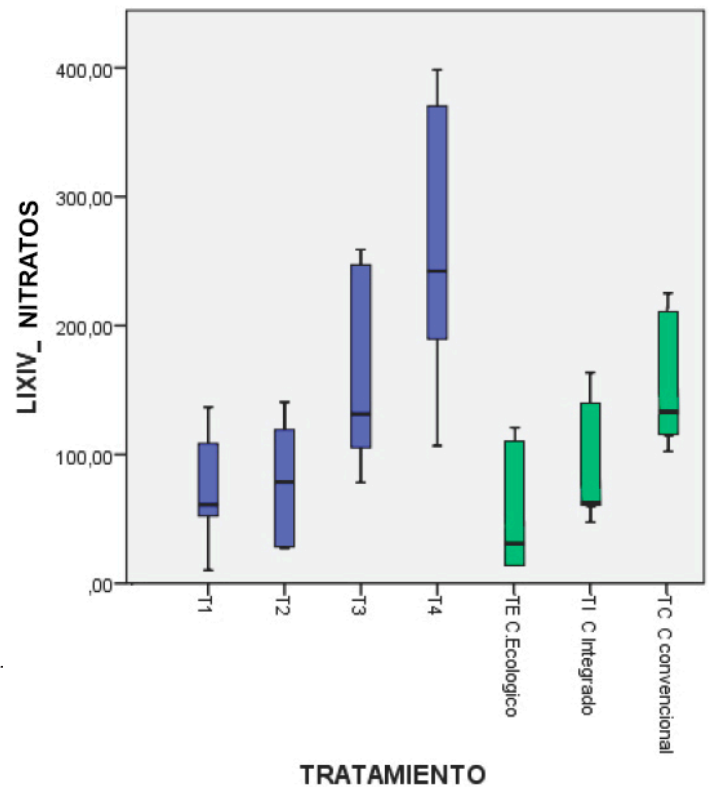


Figura 114. Diagrama de cajas de las medianas de la lixiviación de nitratos respecto de los tratamientos.

5.4.2.- ANOVA de la lixiviación de nitratos por anualidad. Campañas 1999-2007

En la tabla n°120 se refleja el resultado de los descriptivos estadísticos del análisis de la varianza de la lixiviación de nitratos (en kg nitratos/ha) por anualidades. Se observa como no se incluye en año 2002 (campaña de cultivo 2002-2003) por no haberse determinado la lixiviación de nitratos al aplicarse la misma cantidad en todos los tratamientos. El resultado da una media de 145,55 kg nitrato lixiviado por ha y con un mínimo de 10,20 en T-0 en 2001 y un máximo de 398,43 en T-4 en el año 2000.



ANOVA de un factor

Descriptivos

LIXIV_NITRATOS								
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza al 95%		Mínimo	Máximo
					Inferior	Superior		
1999	8	186,72	102,21	36,13	101,27	272,17	52,43	370,34
2000	8	127,33	115,36	40,78	30,88	223,78	28,45	398,43
2001	8	111,54	89,15	31,52	37,00	186,08	10,20	246,56
2003	8	78,00	52,04	18,40	34,49	121,50	14,00	148,00
2004	8	228,75	67,96	24,03	171,92	285,57	142,00	350,00
2005	8	180,30	92,73	32,78	102,78	257,83	68,04	327,24
2006	8	106,20	50,31	17,78	64,14	148,27	42,54	196,65
Total	56	145,55	94,44	12,62	120,26	170,84	10,20	398,43

Tabla 120. Estadísticos descriptivos de la lixiviación de nitratos por anualidades. No se reflejan los datos de la anualidad 2002 (campaña 2002-2003) por no haberse medido los lixiviados la tratarse del ensayo de plaguicidas.

La tabla nº 121 es el resumen del procedimiento ANOVA de un factor e indica que el estadístico $F > 1$, por lo que las medias muestrales son diferentes. También indica cómo el nivel de significación es $< 0,05$, por lo que concluimos que las poblaciones definidas por la variable nitrógeno mineral aportado no dan la misma lixiviación de nitratos según la anualidad, lo que es lógico al tratarse de ensayos diferentes.

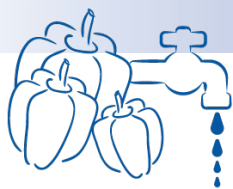
ANOVA DE UN FACTOR

LIXIV_NITRÓGENO

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	139394,856	6	23232,476	3,242	,009
Intra-grupos	351153,279	49	7166,393		
Total	490548,135	55			

Tabla 121. Resumen del procedimiento ANOVA del factor lixiviación de nitratos con el estadístico F de Snedecor.

En la tabla nº 122 se reflejan todas las posibles combinaciones entre las categorías de la variable factor (cantidad de N mineral aportado) por año de ensayo. Se reflejan las diferencias de la lixiviación de nitratos entre cada dos anualidades, el error típico de esas diferencias y el nivel crítico asociado a cada diferencia (significación). Los grupos cuyas medias difieren significativamente al nivel de significación establecido (0,05) están marcados con un asterisco.



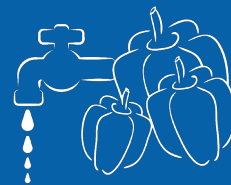
PRUEBAS POST HOC
Comparaciones múltiples

Variable dependiente: LIXIV_NITROGENO
HSD de Tukey

(I) AÑO	(J) AÑO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	
1999	2000	59,38	42,32	,798	-70,73	189,50
	2001	75,17	42,32	,570	-54,93	205,29
	2003	108,72	42,32	,158	-21,39	238,83
	2004	-42,02	42,32	,953	-172,14	88,08
	2005	6,41	42,32	1,000	-123,70	136,52
	2006	80,51	42,32	,489	-49,60	210,62
2000	1999	-59,38	42,32	,798	-189,50	70,73
	2001	15,79	42,32	1,000	-114,32	145,90
	2003	49,33	42,32	,903	-80,77	179,45
	2004	-101,41	42,32	,222	-231,52	28,70
	2005	-52,97	42,32	,870	-183,08	77,14
	2006	21,12	42,32	,999	-108,98	151,24
2001	1999	-75,17	42,32	,570	-205,29	54,93
	2000	-15,79	42,32	1,000	-145,90	114,32
	2003	33,54	42,32	,985	-96,57	163,66
	2004	-117,20	42,32	,103	-247,32	12,91
	2005	-68,76	42,32	,667	-198,87	61,35
	2006	5,33	42,32	1,000	-124,77	135,45
2003	1999	-108,72	42,32	,158	-238,83	21,39
	2000	-49,33	42,32	,903	-179,45	80,77
	2001	-33,54	42,32	,985	-163,66	96,57
	2004	-150,75*	42,32	,014	-280,86	-20,63
	2005	-102,30	42,32	,214	-232,42	27,80
	2006	-28,20	42,32	,994	-158,32	101,90
2004	1999	42,02	42,32	,953	-88,08	172,14
	2000	101,41	42,32	,222	-28,70	231,52
	2001	117,20	42,32	,103	-12,91	247,32
	2003	150,75*	42,32	,014	20,63	280,86
	2005	48,44	42,32	,911	-81,67	178,55
	2006	122,54	42,32	,077	-7,57	252,65
2005	1999	-6,41	42,32	1,000	-136,52	123,70
	2000	52,97	42,32	,870	-77,14	183,08
	2001	68,76	42,32	,667	-61,35	198,87
	2003	102,30	42,32	,214	-27,80	232,42
	2004	-48,44	42,32	,911	-178,55	81,67
	2006	74,10	42,32	,586	-56,01	204,21
2006	1999	-80,51	42,32	,489	-210,62	49,60
	2000	-21,12	42,32	,999	-151,24	108,98
	2001	-5,33	42,32	1,000	-135,45	124,77
	2003	28,20	42,32	,994	-101,90	158,32
	2004	-122,54	42,32	,077	-252,65	7,57
	2005	-74,10	42,32	,586	-204,21	56,01

Tabla 122. Prueba *post hoc* o de comparaciones múltiples de la lixiviación de nitratos respecto a las anualidades.

*.La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.



Si se compara por años no hay diferencias significativas, al contrario de lo que pasa con los tratamientos donde sí hay diferencias significativas.

Podemos concluir que sólo difieren significativamente los promedios comparados entre 2003 y 2004, es decir, el nitrato lixiviado para el ensayo del año 2003 difiere del lixiviado en el año 2004. Esto es debido a que en el año 2003 se midió la lixiviación de nitratos tras la segunda replantación de marzo de 2004, por diversas causas, siendo los valores obtenidos de un ciclo más corto (marzo-agosto 2004). Es conveniente recurrir a la tabla de subconjuntos homogéneos (tabla nº 123) para ver el grado de parecido de la media de lixiviación de nitrato en kg/ha entre anualidades.

Subconjuntos homogéneos

IXIV_NITRATOS
HSD de Tukey

AÑO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
2003	8	78,00	
2006	8	106,20	106,20
2001	8	111,54	111,54
2000	8	127,33	127,33
2005	8	180,30	180,30
1999	8	186,72	186,72
2004	8		228,75
Sig.		,15	,07

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,000.

Tabla 123. Subconjuntos homogéneos de la lixiviación de nitratos respecto a las anualidades.

Así, en el subconjunto 1 están incluidas 6 anualidades cuyas medias no difieren significativamente: 1999, 2000, 2001, 2003, 2005 y 2006 y en el subconjunto 2 otras 6 anualidades cuyas medias no difieren

significativamente 1999, 2000, 2001, 2004, 2005 y 2006. Solo los datos de 2003 y 2004 difieren entre si; pero ello se debe a que en 2003 al principio del cultivo no se midió el nitrato lixiviado y en consecuencia fue menor la lixiviación de nitratos. Por ello podemos concluir que no hay variaciones significativas de la lixiviación de nitratos entre anualidades para el conjunto de los tratamientos aplicados T-1, T-2, T-3 y T-4; T-E, T-I y T-C, lo que indica que los ensayos se han realizado en condiciones similares de riego y abonado, resultado totalmente lógico, teniendo en cuenta que en todas las anualidades se han realizado ensayos en lixímetros diferentes con más y con menos abonado mineral nitrogenado y el riego se ha aplicado bajo las mismas premisas, siguiendo las directrices de la FAO.

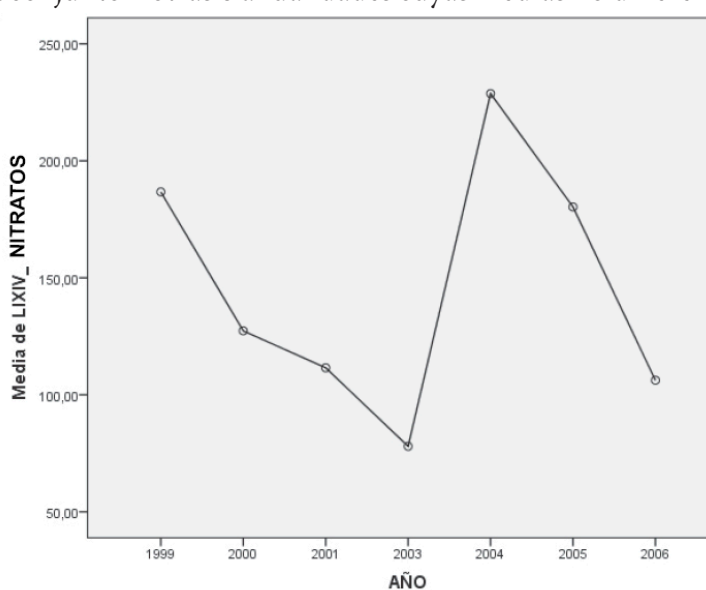
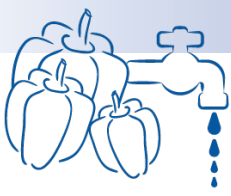


Figura 115. Gráfico de las medidas de la lixiviación de nitratos respecto a las anualidades ensayadas



A continuación (figura nº 116) se dibuja el gráfico G de las medianas en forma de diagrama de cajas de la variable lixiviación de nitratos discriminada por el año, que permite formarnos una idea precisa de la relación entre la anualidad y la lixiviación de nitratos. Como era de esperar, la mejor relación (menor cantidad de nitrato lixiviado) se da en la anualidad 2006, en la que solo se ensayaron los cultivos ecológico e integrado; pero también en el año en el que la dosis de riego fue menor (año 2000), por haber una menor evapotranspiración. En cambio, en el caso de anualidades en las que coinciden tratamientos con elevadas dosis de abonado mineral nitrogenado y también un mayor riego, la lixiviación de nitratos es mayor, como ocurre en 1999, año en el que se calculó el riego por el método de la FAO; pero utilizando una cubeta evaporimétrica en el exterior del invernadero.

GráficoG

[Conjunto_de_datos1] E:\Tesis Joaquin Navarro\Datos Joaquin no 2003.sav

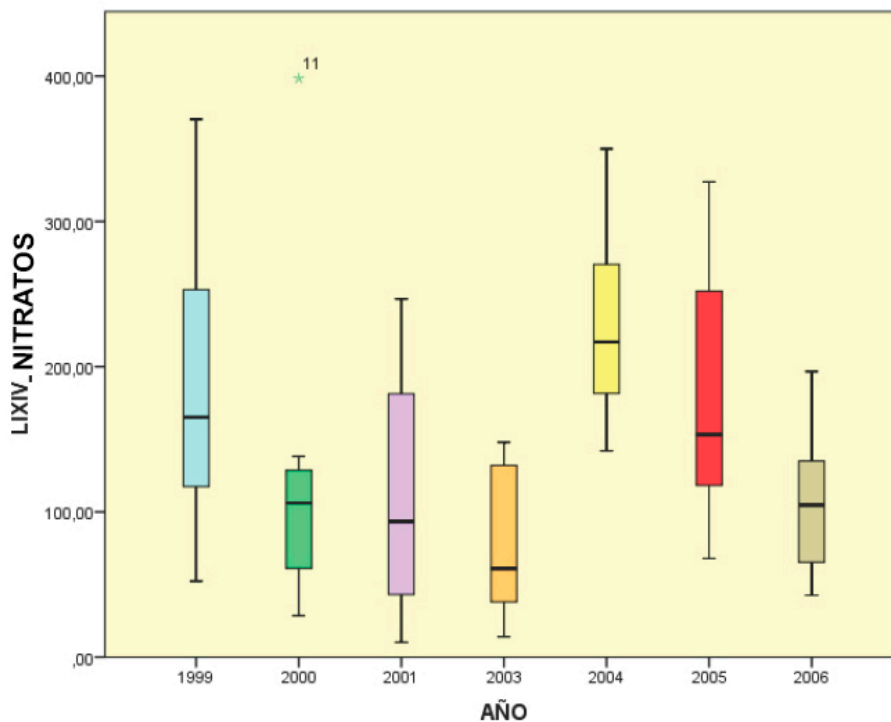
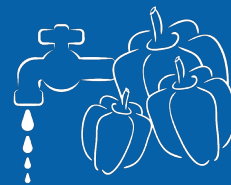


Figura 116. Diagrama de cajas de las medianas de la lixiviación de nitratos respecto de las anualidades.

En el gráfico se ve la presencia de un valor atípico u *outliers*, que se corresponde con un dato de lixiviación anormalmente alto en un lixímetro y una muestra concreta en el año 2000, que no afecta en absoluto a los resultados.



5.4.3.- ANOVA de la producción por tratamiento. Campañas 1999-2007.

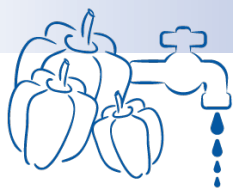
Se refleja en la tabla n° 124 el procedimiento ANOVA de un factor, donde se observan los estadísticos descriptivos de la producción (comercializable, destrío y total) por tratamiento. Proceden de la matriz de datos reflejada en la tabla n° 110 y han sido obtenidos del programa estadístico SPSS 13.0. Se trata del análisis estadístico de los datos de la variable dependiente (producción) en relación con la variable independiente (N aportado o tratamientos).

ANOVA de un factor

Descriptivos

		LIXIV_NITRÓGENO							
		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza al 95%		Mínimo	Máximo
						Inferior	Superior		
COMERCIABLE	T1	6	6973,33	1474,326	601,891	5426,12	8520,54	4648	8494
	T2	6	7041,67	1680,996	686,264	5277,57	8805,76	4995	9033
	T3	6	6264,50	1666,372	680,293	4515,75	8013,25	4334	8804
	T4	6	6116,50	1626,289	663,930	4409,81	7823,19	3473	7868
	T5 sin buprofezin	2	9198,18	1556,358	469,260	8152,61	10243,76	6777	12190
	T6 Bup semanal	3	9251,58	1231,205	355,418	8469,31	10033,85	7306	11025
	T7 bup bisemanal	3	8186,44	1495,825	498,608	7036,65	9336,24	5563	10729
	TE C.Ecologico	10	10101,00	43,841	31,000	9707,11	10494,89	10070	10132
	TI C Integrado	13	7857,33	1541,571	890,026	4027,86	11686,81	6350	9431
	TC cultivo convencional	9	5726,33	1222,905	706,044	2688,47	8764,20	4471	6914
	Total	64	7893,84	1904,127	238,016	7418,21	8369,48	3473	12190
DESTRÍO	T1	6	512,33	302,224	123,383	195,17	829,50	154	840
	T2	6	694,83	570,659	232,971	95,96	1293,70	157	1527
	T3	6	532,17	401,620	163,961	110,69	953,64	62	1073
	T4	6	540,17	361,193	147,457	161,12	919,22	149	1043
	T5 sin buprofezin	2	758,45	460,373	138,808	449,17	1067,74	92	1525
	T6 Bup semanal	3	576,67	312,279	90,147	378,25	775,08	238	1139
	T7 bup bisemanal	3	1026,67	788,097	262,699	420,88	1632,45	305	2925
	TE C.Ecologico	10	2616,50	1706,249	1206,500	-12713,54	17946,54	1410	3823
	TI C Integrado	13	1091,67	498,289	287,688	-146,15	2329,49	798	1667
	TC cultivo convencional	9	780,33	298,235	172,186	39,48	1521,19	513	1102
	Total	64	766,08	624,255	78,032	610,14	922,01	62	3823
PRODUCCIÓN TOTAL	T1	6	7485,67	1356,323	553,716	6062,29	8909,04	5368	8717
	T2	6	7735,67	1590,724	649,410	6066,30	9405,03	5703	9195
	T3	6	6796,67	1376,892	562,114	5351,71	8241,63	4998	8948
	T4	6	6670,00	1557,865	635,996	5035,12	8304,88	3893	8017
	T5 sin buprofezin	2	9956,00	1381,378	416,501	9027,98	10884,02	8302	12833
	T6 Bup semanal	3	9828,25	1090,678	314,852	9135,27	10521,23	7580	11263
	T7 bup bisemanal	3	9212,67	1921,048	640,349	7736,02	10689,32	6842	13650
	TE C.Ecologico	10	12717,50	1750,089	1237,500	-3006,43	28441,43	11480	13955
	TI C Integrado	13	8979,00	1623,109	937,102	4946,97	13011,03	7148	10241
	TC cultivo convencional	9	6506,67	1420,067	819,876	2979,02	10034,31	5197	8016
	Total	64	8662,33	2032,504	254,063	8154,62	9170,03	3893	13955

Tabla 124. Estadísticos descriptivos del procedimiento ANOVA de un factor de la producción por tratamiento, para todos los años ensayados. N son las veces que se repitió cada tratamiento a lo largo de todas las anualidades.



Como se observa en la tabla n° 124, la media de producción comercializable para los 8 años de ensayos, es de 7.893,84 g/m², con un mínimo por tratamiento de 3.473 y un máximo de 12.190 g/m²; la media de producción de destrío 780,33 g/m², con un mínimo por tratamiento de 62 y un máximo de 3.823 g/m²; y la de producción total 8.662,33 g/m², con un mínimo por tratamiento de 3.893 y un máximo de 13.955 g/m².

La tabla n° 125 nos ofrece el estadístico de Levene, que nos indica cómo para la producción total y la comercializable, las varianzas son iguales (Sig.>0,05), en cambio en el caso de la producción de destrío hay diferencias entre las variaciones de la población.

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
COMERCIABLE	,580	9	54	,808
DESTRIO	3,065	9	54	,005
ptotal	,178	9	54	,996

Tabla 125. Estadístico de Levene de la producción.

La tabla resumen del procedimiento ANOVA de un factor (n° 126) nos ofrece el estadístico F de Snedecor y su nivel de significación, o probabilidad de obtener el valor F si la hipótesis nula fuera cierta, de manera que si este valor es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula.

ANOVA DE UN FACTOR

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
COMERCIABLE	Inter-grupos	109771216,662	9	12196801,851	5,551	,000
	Intra-grupos	118647781,775	54	2197181,144		
	Total	228418998,438	63			
DESTRIO	Inter-grupos	9260349,549	9	1028927,728	3,634	,001
	Intra-grupos	15290423,061	54	283155,983		
	Total	24550772,609	63			
ptotal	Inter-grupos	142737890,693	9	15859765,633	7,288	,000
	Intra-grupos	117519725,417	54	2176291,211		
	Total	260257616,109	63			

Tabla 126. Resumen del procedimiento ANOVA del factor producción.

Vistos los datos del estadístico F, cuya significación < 0,05, decidimos rechazar la hipótesis de igualdad de medias y concluimos que las poblaciones definidas por la variable N aportado no dan la misma producción. No obstante, no sabemos si eso se produce en alguno de los ensayos de una manera puntual o en todos ellos de manera generalizada, como ocurría con la lixiviación de nitratos. Para ver en qué difiere se realiza la prueba *post hoc* o de comparaciones múltiples, de la que se obtienen del programa SPSS los subconjuntos homogéneos de la tabla n° 127.



Subconjuntos homogéneos

COMERCIABLE
HSD de Tukey

TRAT.	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
TC cultivo convencional	9	5726,33		
T4	6	6116,50	6116,50	
T3	6	6264,50	6264,50	
T1	6	6973,33	6973,33	6973,33
T2	6	7041,67	7041,67	7041,67
TI C Integrado	13	7857,33	7857,33	7857,33
T7 bup bisemanal	3	8186,44	8186,44	8186,44
T5 sin buprofezin	2		9198,18	9198,18
T6 Bup semanal	3		9251,58	9251,58
TE C.Ecologico	10			10101,00
Sig.		,267	,057	,058

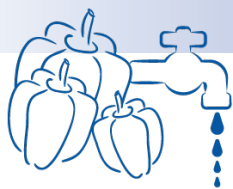
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,720.

b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Tabla 127. Subconjuntos homogéneos de la producción comercializable respecto de los tratamientos.

Se refleja en la tabla n° 127 el estudio de los subconjuntos homogéneos para conocer en qué tratamientos difiere la producción respecto a los otros tratamientos. Se incluyen aquí los datos del ensayo de plaguicidas por haberse cuantificado también la producción, para una dosis fija de nitrógeno mineral aportado. Se observa por el tamaño muestral (N) la importancia relativa de cada uno de los tratamientos ensayados, siendo el tratamiento integrado (con N=13) el que más repeticiones tiene en los ensayos. Por lo tanto, una vez rechazada la hipótesis nula de que todas las medias de producción son iguales, podemos ver qué medias difieren de qué otras medias y podemos ver cómo, al contrario que en la lixiviación de nitratos, hay pocas diferencias en la producción comercializable entre tratamientos, incluyéndose en el subconjunto 1 siete tratamientos cuyas medias no difieren entre si, en el subconjunto 2 ocho tratamientos cuyas medias no difieren entre si y en el subconjunto 3 siete tratamientos cuyas medias no difieren entre si, de manera que se puede considerar que sólo los datos de producción comercializable del T-C y el T-E difieren entre si. Podemos concluir que no hay variaciones significativas de la producción comercializable para las dosis de abonado mineral nitrogenado aplicadas, salvo el caso del cultivo convencional y el ecológico y con un nivel de significación bajo y, como se verá, con una producción comercializable mayor en el T-E que en el T-C.



DESTRÍO
HSD de Tukey

TRATAM.	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T1	6	512,33	
T3	6	532,17	
T4	6	540,17	
T6 Bup semanal	12	576,67	
T2	6	694,83	
T5 sin buprofezin	11	758,45	
T10 cultivo convencional	3	780,33	
T7 bup bisemanal	9	1026,67	
T9 C Integrado	3	1091,67	
TE C.Ecologico	2		2616,50
Sig.		,805	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,720.

b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Tabla 128. Subconjuntos homogéneos de la producción de destrío respecto de los tratamientos.

En la tabla nº 128 se observa como la producción de destrío no ofrece variaciones entre los distintos tratamientos con abonado mineral nitrogenado ensayados, salvo el caso del T-E, que difiere significativamente de los demás. Este tratamiento dio más pimientos de destrío que el resto en las 4 anualidades ensayadas.

TRAT.	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T10 cultivo convencional	3	6506,67			
T4	6	6670,00	6670,00		
T3	6	6796,67	6796,67	6796,67	
T1	6	7485,67	7485,67	7485,67	
T2	6	7735,67	7735,67	7735,67	
T9 C Integrado	3	8979,00	8979,00	8979,00	
T7 bup bisemanal	9	9212,67	9212,67	9212,67	
T6 Bup semanal	12		9828,25	9828,25	9828,25
T5 sin buprofezin	11			9956,00	9956,00
TE C.Ecologico	2				12717,50
Sig.		,156	,051	,051	,102

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,720.

b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Tabla 129. Subconjuntos homogéneos de la producción total respecto de los tratamientos.



En lo que se refiere a la producción total, como se observa en la tabla nº 129, el cultivo convencional y el cultivo ecológico difieren de todos los demás, en consonancia con el resultado obtenido respecto a la producción comercializable.

Los gráficos de las medias de las figuras nº 117, 118 y 119, reflejan claramente lo que se ha referido en el estudio de los subconjuntos homogéneos. Respecto a la producción comercializable, que es la que interesa a efectos de rentabilidad del cultivo, se observan tres grupos de tratamientos. En primer lugar estaría el tratamiento convencional, con los valores de producción más bajos (menos de 6.000 g/m² de producción comercializable) y muy cercanos al T-4. En segundo lugar, los tratamientos que tienen una producción entre 6.000 y 9.000 g/m² de producción comercializable, que son el T-1 (0 gN/m²), el T-2 (15 gN/m²), el T-3 (30 gN/m²), el T-4 (45 gN/m²), los tratamientos del ensayo de plaguicidas (Buprofezín), con 13 gN/m² todos ellos, derivado de las dosis recomendadas por el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia y el T-I o cultivo integrado, con unos 15 gN/m². Pueden diferenciarse dentro de este grupo dos subconjuntos respecto de la producción, que está inversamente relacionada con el N aportado, el de los tratamientos T-4, T-3, T-1 y T-2 (por orden decreciente de producción) por un lado y el de los tratamientos con Buprofezín y el T-I por otro lado. En tercer lugar el T-E, con una producción comercializable mayor de 10.000 g/m², que es el que mejores resultados de producción ha dado y sin aplicación de abono mineral nitrogenado alguno.

Respecto a la producción de destrío, en el gráfico de la figura nº 119 se observa claramente como solo el tratamiento ecológico da una mayor producción de destrío, tal y como se veía en el estudio de los subconjuntos homogéneos, siendo esta producción muy similar para el resto de tratamientos.

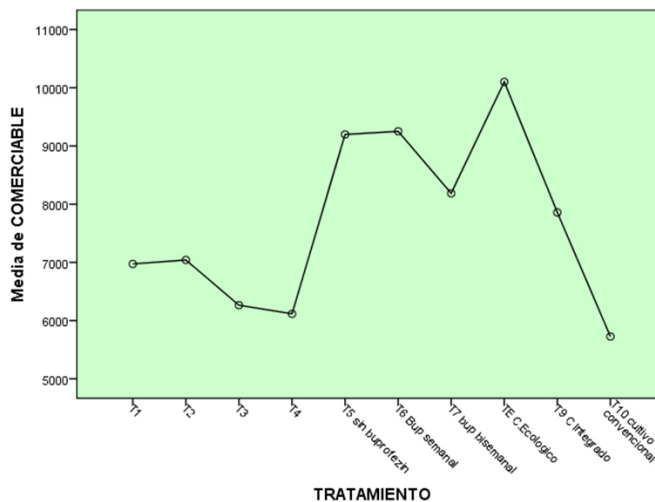


Figura 117. Gráfico de las medias de la producción comercializable respecto de los tratamientos.

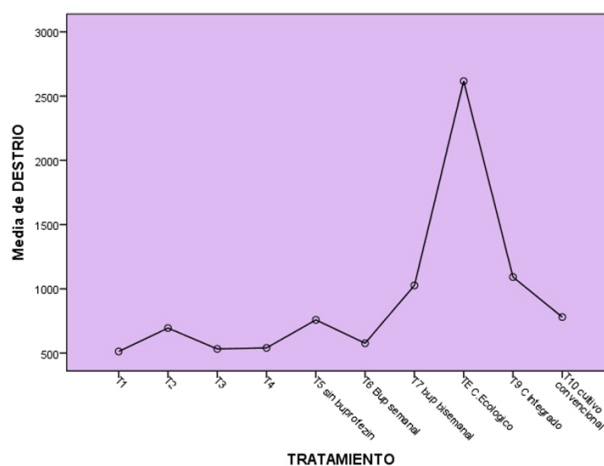


Figura 118. Gráfico de las medias de la producción de destrío respecto de los tratamientos.

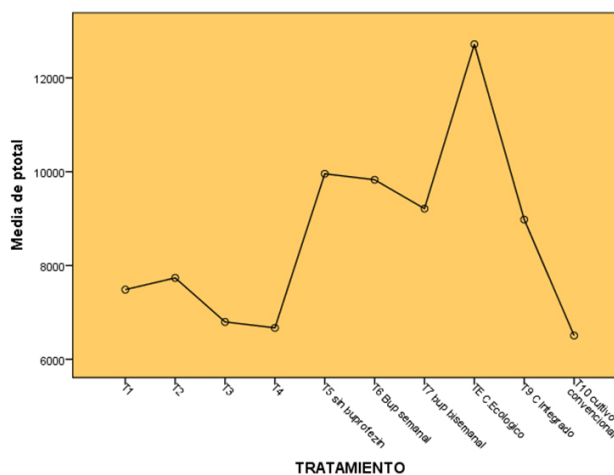
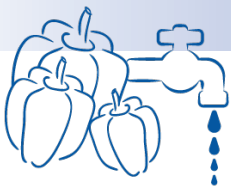


Figura 119. Gráfico de las medias de la producción total respecto de los tratamientos.



Respecto a la producción total, se observan tres grupos de tratamientos. En primer lugar estarían los tratamientos que tienen una producción total entre 6.000 y 8.000 g/m² de producción comercializable, que son el T-1 (0 gN/m²), el T-2 (15 gN/m²), el T-3 (30 gN/m²), el T-4 (45 gN/m²) y el T-C (cultivo convencional, con 30 gN/m²). En segundo lugar los tratamientos del ensayo de plaguicidas (Buprofezín), con 13 gN/m² todos ellos derivado de las dosis recomendadas por el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia y el T-I o cultivo integrado, con unos 15 gN/m². El tercer subconjunto es el del T-E (cultivo ecológico), que con 0 gN/m² es el que mejores resultados de producción total ha dado.

El test HSD de Tukey daba para la producción total 4 subconjuntos homogéneos (tabla nº 129), que es lo que se manifiesta en el gráfico (figura nº 119). Por un lado y por este orden de producción total decreciente estarían T-C, T-4 y T-3 (es decir, los tratamientos con más abonado mineral nitrogenado) y a cierta distancia de ellos pero dentro del mismo subconjunto homogéneo T-1 y T-2. Por otro lado estarían los tratamientos con 13 y 15 gN mineral/m², que son los tratamientos del ensayo de Buprofezín y el T-I y por otro lado el tratamiento ecológico, que forma parte únicamente del subconjunto homogéneo 4 y difiere significativamente de todos los demás. Es decir, se observa cómo la producción es inversamente proporcional a la cantidad de N aportado, dentro del hecho de que muchos de los tratamientos no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Dado que el objetivo de nuestra tesis en conocer con qué dosis de abonado mineral nitrogenado obtenemos mejor producción comercializable y además menor lixiviación de nitratos en el cultivo de pimiento de invernadero, es de gran interés el siguiente gráfico de barras (figura nº 120), que refleja la relación entre la producción comercializable y el tratamiento aplicado. Como se ve por la posición de la mediana para cada tratamiento, los mejores resultados se obtienen en el tratamiento ecológico T-E (0 g N mineral/m²), con una mediana de más de 10.000 g/m², seguido de los tratamientos con Buprofezín (13 gN/m²) y el tratamiento integrado T-I (aproximadamente 15 gN/m²), por encima de los 8.000 g/m². Con una producción cercana a los 8.000 g/m² estarían T-1 (0 gN/m²) y T-2 (15 gN/m²), debiendo hacer constar aquí que aunque el abonado mineral nitrogenado en T-2 era muy similar al del T-I, el abonado estercolado aplicado fue significativamente superior en T-I (4 kg estiércol/m²) que en T-2 (1,5 kg estiércol/m²), lo que podría explicar las diferencias de producción. Por último, estarían los tratamientos T-C (cultivo convencional, con unos 30 gN mineral /m²), T-3 (30 gN/m²) y T-4 (45 gN/m²), que se mueven en una producción comercializable media en el entorno de los 6.000 g/m².

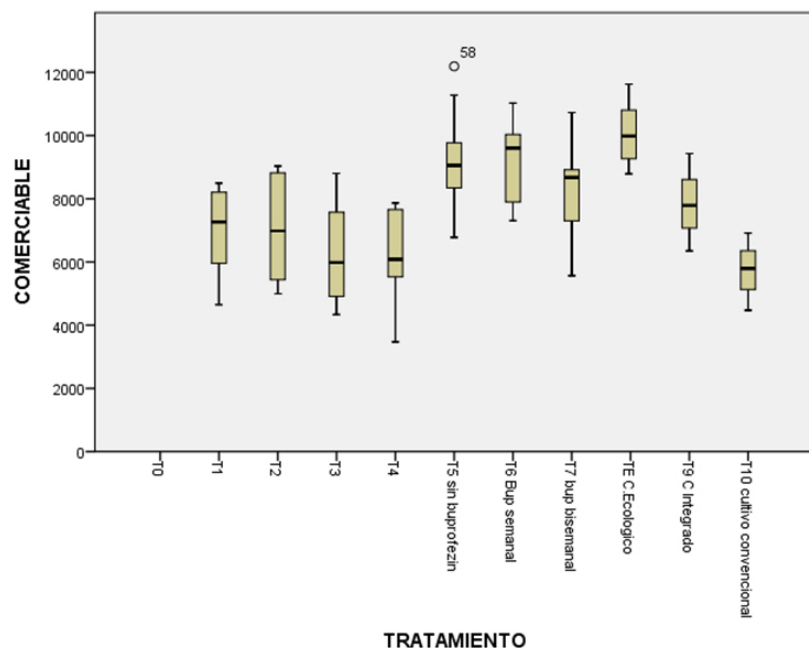


Figura 120. Diagrama de cajas de las medianas de la producción comercializable respecto de los tratamientos.

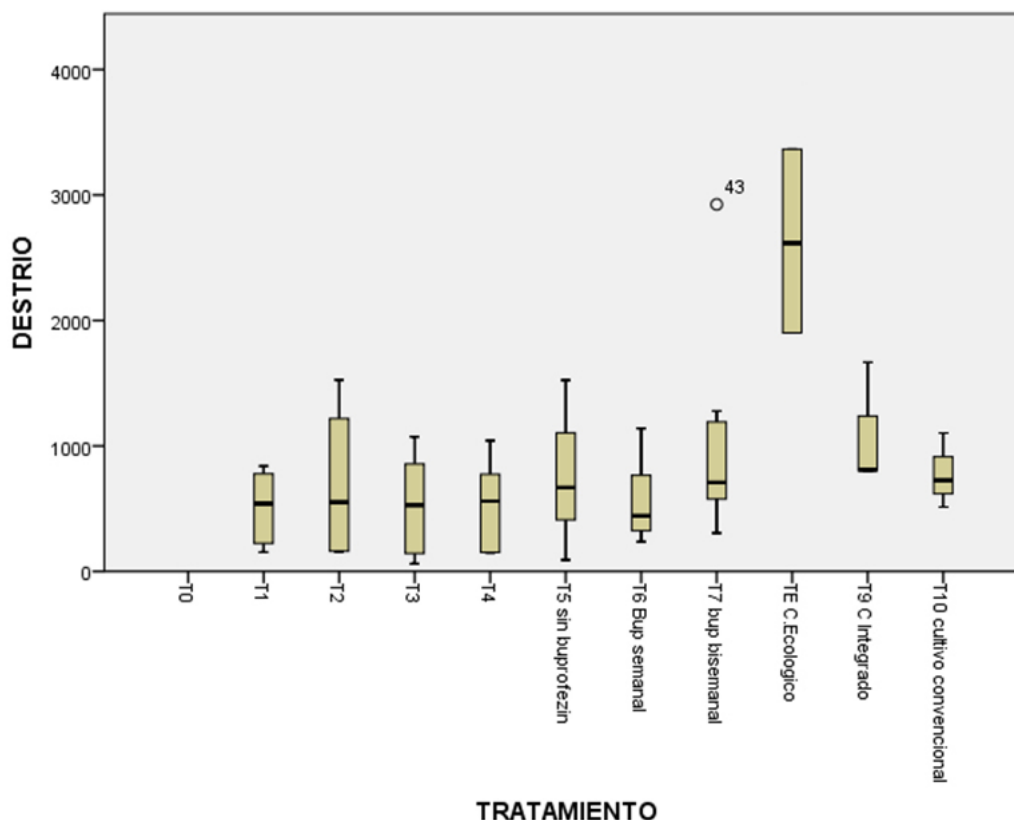
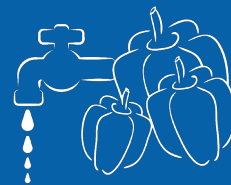


Figura 121. Diagrama de cajas de las medianas de la producción de destrío respecto de los tratamientos.

El diagrama de cajas de la producción total (figura n° 122) nos ofrece una visión global de la tendencia de la producción total de pimientos en función del tratamiento aplicado, pudiendo observarse claramente como la mediana o valor central de los datos de producción obtenidos es mucho más alta para el T-E, intermedia para el T-I, T-1 y T-2 y los ensayos con Buprofezín (13 gN/m²) y más baja para los tratamientos T-C, T-3 y T-4, que son a los que más abonado mineral nitrogenado se aportó.

Se ha podido comprobar, pues, como con dosis de abonado mineral nitrogenado pequeñas y moderadas, para las cantidades de estiércol aportadas, se obtiene una mayor producción y en cambio, en las condiciones de los ensayos, la producción ha sido menor en los cultivos más intensamente abonados con nitrógeno mineral, pudiendo concluir cómo el exceso de abonado mineral nitrogenado no solo se lixivia y podría dar lugar posteriormente a una contaminación difusa, sino que además da lugar a una menor producción.

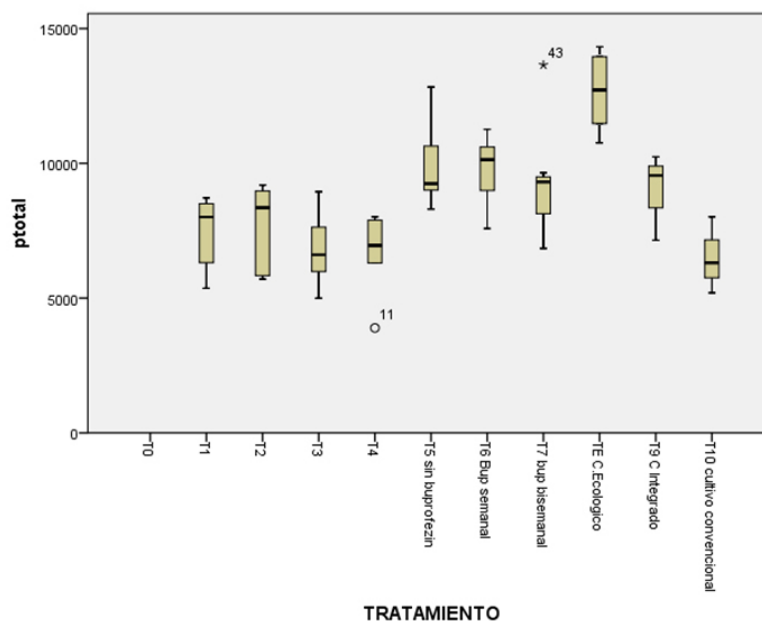
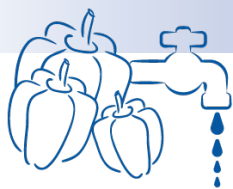


Figura 122. Diagrama de cajas de las medianas de la producción total respecto de los tratamientos.



5.4.4.- ANOVA de la producción por anualidad. Campañas 1999-2007.

Realizamos ahora el análisis estadístico de los datos de la variable dependiente (producción) por anualidades, ofreciendo la tabla n° 130 los estadísticos descriptivos obtenidos del programa SPSS 13.0.

DESCRIPTIVOS
Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza	Asimetría		Curtosis	
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típ.	Estadístico	Error típ.
COMERCIABLE	64	3473	12190	7893,84	1904,127	3625698,388	-,161	,299	-,483	,590
DESTRIO	64	62	3823	766,08	624,255	389694,803	2,548	,299	9,818	,590
ptotal	64	3893	13955	8662,33	2032,504	4131073,272	,169	,299	,277	,590
N válido (según lista)	64									

Tabla 130. Estadísticos descriptivos de la producción por anualidad para los 8 años de ensayos y los 8 lixímetros.

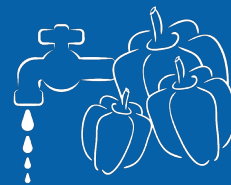
La tabla n° 130 da, para un tamaño muestral de N=64 (8 lixímetros x 8 anualidades), los valores de producción mínimo y máximo obtenidos, la media de la población, la varianza y además las medidas de distribución (asimetría y curtosis), que nos indican cómo la producción total sigue una curva normal asimétricamente positiva (coeficiente de asimetría de Fisher > 0,5) y cómo la distribución es leptocúrtica (coeficiente de curtosis > 0).

A continuación realizamos la prueba t de Student que nos permite comparar medias, comprobando, como se observa en la tabla n° 132, cómo a un nivel de significación del 5% la probabilidad de que la cosecha sea nula (valor de prueba = 0) es prácticamente del 0% (Sig.=0,00). La tabla nos señala que con un nivel de confianza del 95%, el intervalo de producción comercializable para las condiciones de los ensayos está entre 7.418,21 y 8.369,48 g/m², en destrío entre 610,14 y 922,01 g/m² y para la producción total entre 8.154,62 y 9.170,03 g/m².

Prueba T

	Estadísticos para una muestra			
	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
COMERCIALIZABLE	64	7893,84	1904,127	238,016
DESTRIO	64	766,08	624,255	78,032
Producción total	64	8662,33	2032,504	254,063

Tabla 131. Estadísticos de la producción con el error típico de la media..



PRUEBA PARA UNA MUESTRA						
Valor de prueba = 0						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Límite inferior	Límite superior
COMERCIALIZABLE	33,165	63	,000	7893,844	7418,21	8369,48
DESTRIO	9,817	63	,000	766,078	610,14	922,01
Producción total	34,095	63	,000	8662,328	8154,62	9170,03

Tabla 132. Prueba t de Student para la producción.

La tabla resumen del procedimiento ANOVA de un factor (tabla n° 133) nos ofrece la variación entre las medias de los grupos (tratamientos) y la variación dentro de cada grupo (tratamiento), así como el estadístico F de Fisher-Snedecor, que al ser $F > 1$ nos rebela cómo las medias muestrales son distintas. Como el nivel crítico o nivel de significación ($\text{Sig.} < 0,05$), rechazamos la hipótesis de igualdad de las medias y concluimos que las poblaciones definidas por la variable N aportado no dan la misma producción.

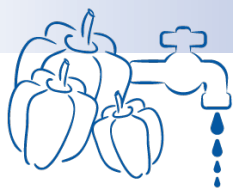
ANOVA DE UN FACTOR

Comercializable

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	140848037,688	7	20121148,241	12,867	,000
Intra-grupos	87570960,750	56	1563767,156		
Total	228418998,438	63			

Tabla 133. Resumen del procedimiento ANOVA del factor producción comercializable.

La tabla n° 134 nos da el análisis de la varianza de la producción comercializable, de destrío y total para los 8 años de ensayos, incluido el año de ensayo con plaguicidas, en el que también se cuantificó la producción. Obtenemos, como ya se vio, una media de producción total de 8.862,33 g, con un error típico de la población de 254,063 y unos límites inferior y superior de producción total de la media de la población de 3.893 y 13.995 g/m².



ANOVA de un factor

Descriptivos

		LIXIV_NITRÓGENO							
		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza al 95%		Mínimo	Máximo
						Inferior	Superior		
COMERCIALIZABLE	1999	8	6453,63	907,790	320,952	5694,69	7212,56	4912	7721
	2000	8	5035,63	853,967	301,923	4321,69	5749,56	3473	5955
	2001	8	8307,75	565,109	199,796	7835,31	8780,19	7572	9033
	2002	8	9278,13	574,550	203,134	8797,79	9758,46	8451	10074
	2003	8	7619,13	2103,854	743,825	5860,26	9377,99	4471	10132
	2004	8	7655,63	1476,015	521,850	6421,65	8889,60	5563	10729
	2005	8	8851,38	1037,134	366,682	7984,31	9718,44	7302	9996
	2006	8	9949,50	1620,763	573,026	8594,51	11304,49	7306	12190
	Total	64	7893,84	1904,127	238,016	7418,21	8369,48	3473	12190
DESTRÍO	1999	8	1004,75	271,606	96,027	777,68	1231,82	702	1527
	2000	8	554,50	176,782	62,502	406,71	702,29	359	775
	2001	8	150,38	43,625	15,424	113,90	186,85	62	223
	2002	8	692,63	217,776	76,996	510,56	874,69	488	1196
	2003	8	1356,13	1066,856	377,191	464,21	2248,04	513	3823
	2004	8	1399,63	647,804	229,033	858,05	1941,20	810	2925
	2005	8	671,13	313,723	110,918	408,85	933,40	305	1127
	2006	8	299,50	158,938	56,193	166,62	432,38	92	643
	Total	64	766,08	624,255	78,032	610,14	922,01	62	3823
PRODUCCIÓN TOTAL	1999	8	7458,38	999,919	353,525	6622,42	8294,33	5985	8844
	2000	8	5590,13	836,573	295,773	4890,73	6289,52	3893	6314
	2001	8	8467,50	575,540	203,484	7986,34	8948,66	7634	9195
	2002	8	9970,75	650,889	230,124	9426,59	10514,91	9120	10798
	2003	8	8986,50	2894,689	1023,427	6566,48	11406,52	5197	13955
	2004	8	9054,75	1987,855	702,813	7392,86	10716,64	6842	13650
	2005	8	9521,63	1003,900	354,932	8682,34	10360,91	7607	10623
	2006	8	10249,00	1710,568	604,777	8818,93	11679,07	7580	12833
	Total	64	8662,33	2032,504	254,063	8154,62	9170,03	3893	13955

Tabla 134. ANOVA del factor producción respecto de las anualidades ensayadas.

La prueba de Levene de igualdad de varianzas de error contrasta la hipótesis nula de la varianza del error. La tabla nº 135 contiene el estadístico de Levene, que, como hemos dicho, nos permite contrastar la hipótesis de igualdad de varianzas poblacionales. Como el nivel crítico (Sig.) es menor que 0,05, debemos rechazar la hipótesis de igualdad de varianzas .



PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
COMERCIABLE	3,420	7	56	,004
DESTRIO	3,479	7	56	,004
ptotal	3,753	7	56	,002

Tabla 135. Estadístico de Levene para la producción.

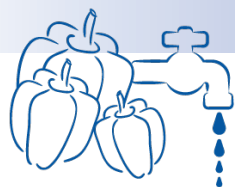
El siguiente paso del programa SPSS nos lleva a la tabla del análisis de la varianza de un factor, que nos ofrece el estadístico F con su nivel de significación (tabla nº 136). La variación inter-grupos es la variación entre las medias de los diferentes tratamientos debidas al azar (error de muestreo) y al efecto de los tratamientos, mientras que la variación intra-grupos es la variación debida al azar (error de muestreo) entre individuos a los que se ha dado el mismo tratamiento. El estadístico F mide el cociente: variabilidad inter-grupos/variabilidad intra-grupos. Si $F > 1$ quiere decir que la variabilidad entre-grupos (debida al efecto de los tratamientos y el azar) es mayor que la variabilidad intra-grupos (debida exclusivamente al azar), o sea, que tiene efecto significativo el año de cultivo en la producción. Este resultado se da tanto para la producción comercial como para el destrío y la producción total.

ANOVA DE UN FACTOR

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
COMERCIABLE	Inter-grupos	140848037,688	7	20121148,241	12,867	,000
	Intra-grupos	87570960,750	56	1563767,156		
	Total	228418998,438	63			
DESTRÍO	Inter-grupos	11699707,734	7	1671386,819	7,283	,000
	Intra-grupos	12851064,875	56	229483,301		
	Total	24550772,609	63			
PRODUCCIÓN TOTAL	Inter-grupos	129222896,484	7	18460413,783	7,889	,000
	Intra-grupos	131034719,625	56	2339905,708		
	Total	260257616,109	63			

Tabla 136. Estadístico F de Snedecor de la producción para todos los años de ensayo.

En la tabla nº 137 se reflejan los subgrupos homogéneos de la producción comercializable por anualidades, que permite una vez rechazada la hipótesis nula de que todas las medidas de producción son iguales para las distintas anualidades, averiguar qué años en concreto difieren de qué otros años en producción. En el subgrupo 1 se incluyen los años 2000 y 1999, cuya producción no difiere significativamente (Sig.= 0,329); en el subgrupo 2 se incluyen los años 1999, 2003, 2004 y 2001, cuya producción no difiere significativamente (Sig.= 0,079); en el subgrupo 3 se incluyen los años 2003, 2004, 2001, 2005 y 2002 cuya producción no difiere significativamente (Sig.= 0,159) y en el subgrupo 4 se incluyen los años 2001, 2005, 2002 y 2006, cuya producción no difiere significativamente (Sig.= 0,169). En definitiva, sólo el año 2000 (el de menor producción) y el 2006 (el de mayor) no se encuentran incluidos en al menos dos subconjuntos homogéneos, siendo estos los años en los que más difiere la producción comercializable, uno con cuatro tratamientos de abonado mineral nitrogenado y el otro con dos tratamientos: cultivo ecológico y cultivo integrado.



Subconjuntos homogéneos

COMERCIABLE HSD de Tukey

AÑO	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
2000	8	5035,63			
1999	8	6453,63	6453,63		
2003	8		7619,13	7619,13	
2004	8		7655,63	7655,63	
2001	8		8307,75	8307,75	8307,75
2005	8			8851,38	8851,38
2002	8			9278,13	9278,13
2006	8				9949,50
Sig.		,329	,079	,159	,169

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,000.

Tabla 137. Subconjuntos homogéneos de la producción comercializable por años de ensayo.

En la tabla n° 138 se reflejan los subgrupos homogéneos de la producción de destrío por anualidades. Sólo el año 2001, el 2003 y el 2004 no se encuentran incluidos en al menos dos subconjuntos homogéneos, siendo estos los años en los que más difiere la producción de destrío, el año 2001 con cuatro tratamientos de abonado mineral nitrogenado, y el 2003 y 2004 con tres tratamientos (cultivo ecológico, integrado y convencional).

DESTRÍO

HSD de Tukey

AÑO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2001	8	150,38		
2006	8	299,50	299,50	
2000	8	554,50	554,50	
2005	8	671,13	671,13	671,13
2002	8	692,63	692,63	692,63
1999	8		1004,75	1004,75
2003	8			1356,13
2004	8			1399,63
Sig.		,331	,083	,065

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,000.

Tabla 138. Subconjuntos homogéneos de la producción de destrío por años de ensayo.

En la tabla n° 139 se reflejan los subgrupos homogéneos de la producción total por anualidades. En el subgrupo 1 se incluyen dos años (2000 y 1999) cuyas medias no difieren significativamente. En el subgrupo 2 se incluyen cinco años (1999, 2001, 2003, 2004 y 2005) cuyas medias de producción no difieren significativamente; pero que si difieren del año 2000. En el subgrupo 3 se incluyen seis años (2001, 2003, 2004, 2005, 2002 y 2006) cuyas medias de producción no difieren significativamente; pero que si difieren del año 2000 y 1999.



P TOTAL

HSD de Tukey

AÑO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2000	8	5590,13		
1999	8	7458,38	7458,38	
2001	8		8467,50	8467,50
2003	8		8986,50	8986,50
2004	8		9054,75	9054,75
2005	8		9521,63	9521,63
2002	8			9970,75
2006	8			10249,00
Sig.		,242	,145	,297

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,000.

Tabla 139. Subconjuntos homogéneos de la producción total por años de ensayo..

Podemos obtener un gráfico representando el efecto de los niveles del factor producción por años, que es el gráfico de las medias o de perfil, en el que podemos observar la relación entre la producción de pimiento (g/m²) y el año de cultivo en que se realizó el ensayo. Los gráficos de las medias de las figuras n° 123, 124 y 125, reflejan claramente lo que se ha referido en el estudio de los subconjuntos homogéneos. Respecto a la producción comercializable el año 2000 (el de menor producción) y el 2006 (el de mayor) son los que más difieren respecto a la producción comercializable, uno con cuatro tratamientos de abonado mineral nitrogenado y el otro con dos tratamientos: cultivo ecológico y cultivo integrado.

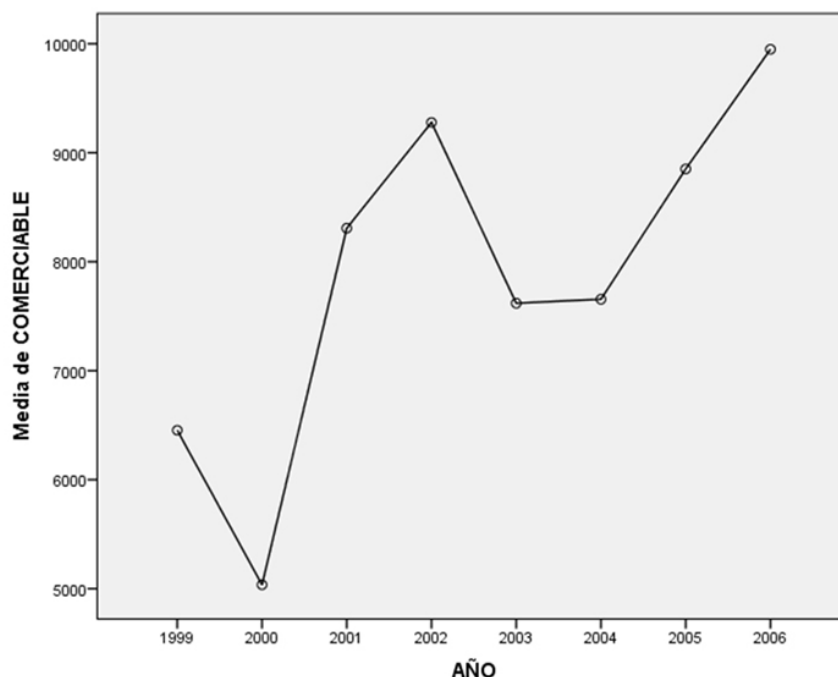


Figura 123. Grafico de las medias de la producción comercializable respecto a los años ensayados.

Respecto a la producción de destrío (figura n° 124) sólo el año 2001, el 2003 y el 2004 no se encuentran incluidos en al menos dos subconjuntos homogéneos, siendo estos los años en los que más difiere la producción de destrío, el año 2001 con cuatro tratamientos de abonado mineral nitrogenado, y el 2003 y 2004 con tres tratamientos (cultivo ecológico, integrado y convencional). Hay más destrío en estas anualidades debido a que, como se vio, el cultivo ecológico da más producción de destrío que los demás y de una manera muy significativa.

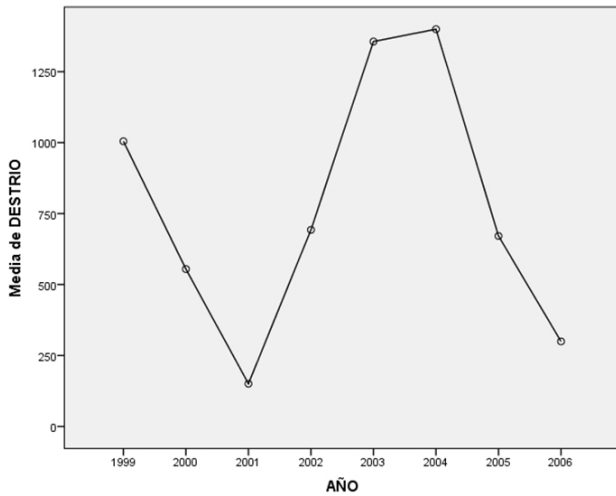
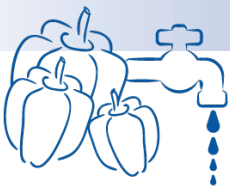


Figura 124. Grafico de las medias de la producción de destrío respecto a los años ensayados.

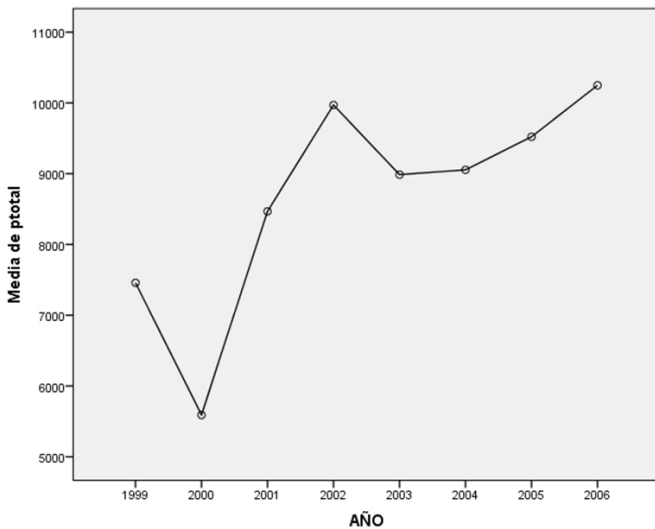


Figura 125. Grafico de las medias de la producción total respecto a los años ensayados.

Respecto a la producción total por anualidades, sólo el año 2000 (el de menor producción), el 2002 y el 2006 (el de mayor) no se encuentran incluidos en al menos dos subconjuntos homogéneos, siendo estos los años en los que más difiere la producción comercializable, el año 2000 con cuatro tratamientos de abonado mineral nitrogenado, el 2002 (ensayo de plaguicidas) y el 2006 con dos tratamientos: cultivo ecológico y cultivo integrado. Puede afirmarse, por lo tanto, respecto de la producción por anualidades que hay bastante homogeneidad entre las distintas campañas de cultivo, consecuencia lógica de haber ensayado distintas dosis de abonado mineral nitrogenado, salvo en la anualidad 2002 en la que todos los lixímetros se abonaron igual.

En el diagrama de cajas de la figura nº 126 se ve la relación entre la anualidad y la producción comercializable, indicando la raya horizontal dentro de la caja la mediana (50%), la parte superior de la misma el cuartil del 75% y la inferior el del 25%. Se observa como la distribución de la producción comercializable es bastante simétrica, habiendo además poca dispersión de valores respecto a la mediana entre los distintos lixímetros.

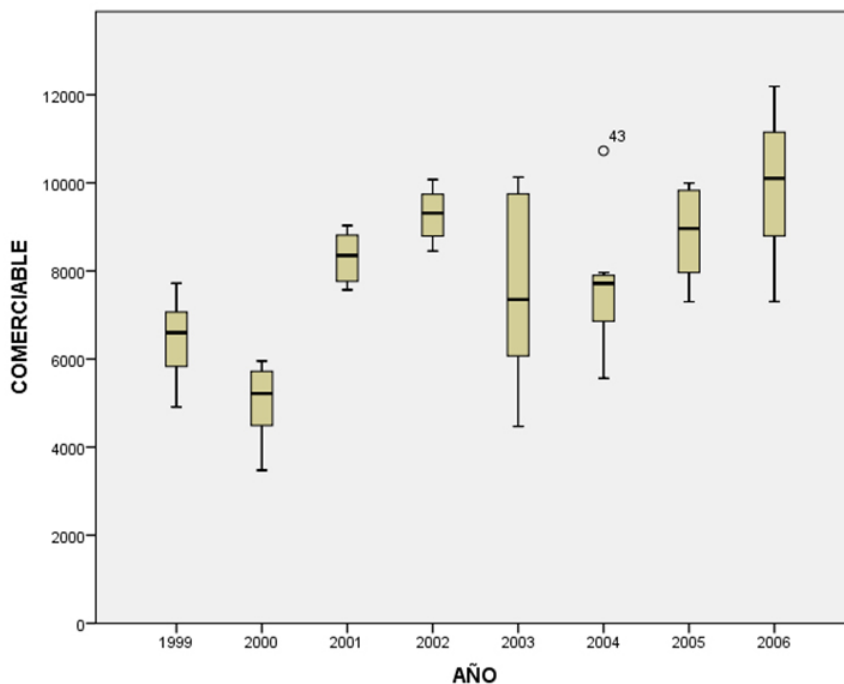
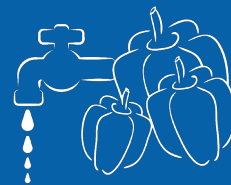


Figura 126. Diagrama de cajas de las medianas de la producción comercializable respecto a las anualidades.



En el diagrama de cajas de la figura nº 127 se ve la relación entre la anualidad y la producción de destrío, observándose como la distribución de esta producción es bastante simétrica, habiendo poca dispersión de valores respecto a la mediana entre los distintos lixímetros; pero si que hay bastantes outliers o datos anormales debido a cosechas puntuales con una cantidad alta de pimientos de destrío, consecuencia generalmente de las condiciones climáticas: golpes de calor, enfriamientos bruscos, etc.

GráficoG

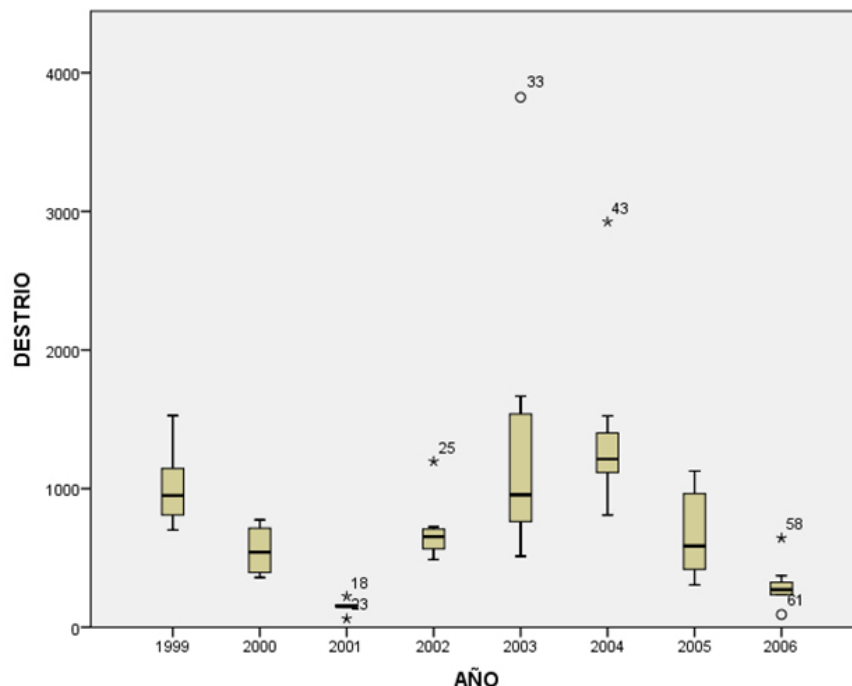


Figura 127. Diagrama de cajas de las medianas de la producción de destrío respecto a las anualidades.

En el diagrama de cajas de la figura nº 128 se ve la relación entre la anualidad y la producción total, indicando la raya horizontal dentro de la caja la mediana (50%), la parte superior de la misma el cuartil del 75% y la inferior el del 25%. Se observa como la distribución de la producción total es bastante simétrica, habiendo además poca dispersión de valores respecto a la mediana entre los distintos lixímetros. Este gráfico G difiere significativamente del gráfico de la figura nº 114, en el que se representaba la lixiviación de nitratos frente a los tratamientos, en el que la distribución de la lixiviación de nitratos era muy poco simétrica, habiendo, no obstante poca dispersión de valores respecto a la mediana entre los distintos lixímetros.

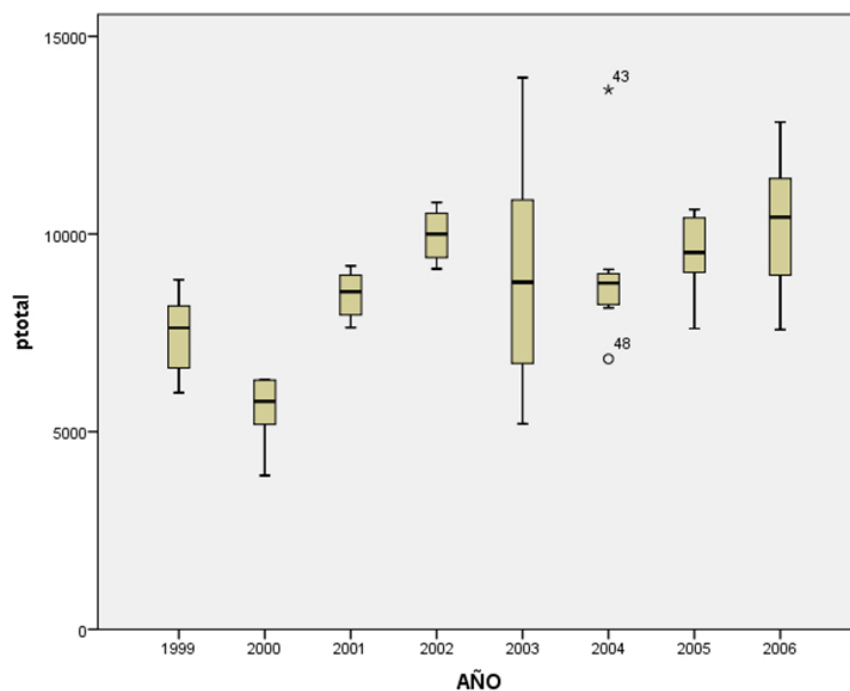
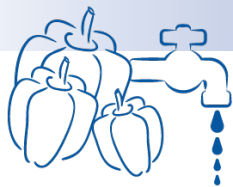


Figura 128. Diagrama de cajas de las medianas de la producción total respecto a las anualidades.



5.4.5.- Correlaciones entre la producción, los tratamientos y las anualidades. Campañas 1999-2007

Entendiendo por correlación a la medida en la que se relacionan dos variables diferentes y regresión la ecuación matemática que describe el comportamiento de esas dos medidas y es útil para predecir un resultado en base al valor de la variable, procedemos ahora a realizar dichos estudios tomando las matrices de datos derivadas de los ensayos de la tesis y aplicando el software de analítica predictiva SPSS 13.0

Se estudia la relación entre dos variables (regresión simple), con el objetivo de conocer la dirección de una relación lineal y la proporcionalidad entre dos variables estadísticas, de manera que dos variables están correlacionadas si al aumentar o disminuir una lo hace la otra. La tabla n° 140 muestra los estadísticos descriptivos para la relación entre la producción total y la comercializable.

CORRELACIONES

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación típica	N
COMERCIALIZABLE	7893,84	1904,127	64
ptotal	8662,33	2032,504	64

Tabla 140. Estadísticos descriptivos de la producción comercializable y total para todos los años ensayados y los 8 lixímetros.

La tabla n° 141 ofrece los valores del coeficiente de correlación de Pearson de la producción comercializable respecto de la producción total y nos da, como es lógico, una correlación muy alta (coef.=0,952). Podemos afirmar que la producción total y la comercializable varían de forma parecida y se aproximan mucho a una relación lineal perfecta positiva (coeficiente de correlación de Pearson = 1).

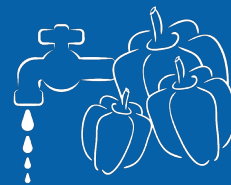
CORRELACIONES

		COMERCIALIZABLE	ptotal
COMERCIALIZABLE	Correlación de Pearson	1	,952**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	64	64
PRODUCCIÓN TOTAL	Correlación de Pearson	,952**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	64	64

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 141. Coeficiente de correlación de Pearson de la producción comercializable respecto a la total.

Estudiamos ahora la regresión lineal, que se aplica en aquellas investigaciones en las que se desea conocer la posible relación lineal entre variables. Vemos la relación entre 5 variables: producción comercializable, producción total, producción de destrío, tratamientos con abonado nitrogenado y año de ensayos. La tabla n° 142 ofrece los estadísticos descriptivos de estas variables: media aritmética, desviación típica, y número de casos válidos, que en todo caso son 8 anualidades x 8 lixímetros, esto para cada variable individualmente considerada. Obviamente, el valor de la media tratamiento y año, son valores que solo tienen significado para el análisis estadístico de la correlación. Los valores de la producción sí se refieren a kg/ha de pimiento.



CORRELACIONES

Estadísticos descriptivos

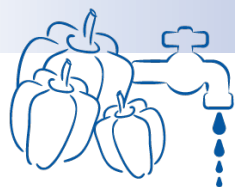
	Media	Desviación típica	N
COMERCIABLE	7893,84	1904,127	64
TOTAL, ptotal	8662,33	2032,504	64
DESTRIO	766,08	624,255	64
TRATAMIENTO	5,05	2,420	64
AÑO	2002,50	2,309	64

Tabla 142. Estadísticos descriptivos de las variables producción, tratamiento y año.

La tabla nº 143 ofrece la información referida al coeficiente de correlación de Pearson, conteniendo cada cinco valores referidos al cruce entre cada dos variables: 1) el valor del coeficiente de correlación de Pearson, 2) el nivel crítico o de significación bilateral que corresponde a ese coeficiente, 3) la suma de cuadrados para el cruce de una variable consigo misma y la suma de productos cruzados para el cruce de dos variables distintas, 4) la covarianza y 5) el número de casos válidos sobre el que se han efectuado los cálculos. El nivel crítico permite decidir sobre la hipótesis nula de independencia lineal, o lo que es lo mismo, sobre la hipótesis de que el coeficiente de correlación vale cero en la población. Rechazaremos la hipótesis nula de independencia y concluiremos que existe relación lineal significativa cuando el nivel crítico sea menor que el nivel de significación establecido (0,05). En la tabla se puede ver entre qué variables de las estudiadas existe relación lineal y en cuáles de ellas no (entre la producción comercializable y de destrío, entre la producción de destrío y el año).

CORRELACIONES

		COMERCIABLE	ptotal	DESTRIO	TRATAMIENTO	AÑO
COMERCIABLE	Correlación de Pearson	1	,952**	,049	,239	,577**
	Sig. (bilateral)		,000	,701	,057	,000
	Suma de cuadrados y productos cruzados	228418998,438	232031180,281	3658514,781	69499,469	159738,000
	Covarianza	3625698,388	3683034,608	58071,663	1103,166	2535,524
	N	64	64	64	64	64
ptotal	Correlación de Pearson	,952**	1	,353**	,319*	,541**
	Sig. (bilateral)	,000		,004	,010	,000
	Suma de cuadrados y productos cruzados	232031180,281	260257616,109	28233918,359	98955,016	159877,500
	Covarianza	3683034,608	4131073,272	448157,434	1570,715	2537,738
	N	64	64	64	64	64
DESTRIO	Correlación de Pearson	,049	,353**	1	,307*	,003
	Sig. (bilateral)	,701	,004		,014	,984
	Suma de cuadrados y productos cruzados	3658514,781	28233918,359	24550772,609	29175,766	230,500
	Covarianza	58071,663	448157,434	389694,803	463,107	3,659
	N	64	64	64	64	64



		COMERCIALIZABLE	ptotal	DESTRIO	TRATAMIENTO	AÑO
TRATA- MIENTO	Correlación de Pearson	,239	,319*	,307*	1	,604**
	Sig. (bilateral)	,057	,010	,014		,000
	Suma de cuadrados y productos cruzados	69499,469	98955,016	29175,766	368,859	212,500
	Covarianza	1103,166	1570,715	463,107	5,855	3,373
	N	64	64	64	64	64
AÑO	Correlación de Pearson	,577**	,541**	,003	,604**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,984	,000	
	Suma de cuadrados y productos cruzados	159738,000	159877,500	230,500	212,500	336,000
	Covarianza	2535,524	2537,738	3,659	3,373	5,333
	N	64	64	64	64	64

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Tabla 143. Coeficientes de correlación de Pearson bilateral de la producción, tratamientos y anualidades.

En la tabla nº 144 se dan los estadísticos descriptivos de la regresión lineal múltiple para cuatro variables: tratamiento, producción total, producción de destrío y producción comercializable.

REGRESIÓN

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación típica	N
TRATAMIENTO	5,05	2,420	64
ptotal	8662,33	2032,504	64
DESTRIO	766,08	624,255	64
COMERCIALIZABLE	7893,84	1904,127	64

Tabla 144. Estadísticos descriptivos de las variables producción y tratamiento.

La tabla nº 145 nos da el coeficiente de correlación de Pearson (1896), que es uno de los mejores y más utilizados para estudiar el grado de relación lineal existente entre dos variables cuantitativas y toma valores entre -1 y +1. Un valor +1 indica una relación lineal perfecta positiva y -1 una relación lineal perfecta negativa, indicando el valor cero una relación lineal nula. Se observa cómo las variables producción comercializable y producción total correlacionan significativamente, así como también, por este orden, producción total con destrío, producción total con tratamiento, destrío con tratamiento y producción comercializable con tratamiento. No hay relación lineal significativa, como es lógico, entre producción comercializable y destrío, ya que a mayor producción comercializable menos destrío y viceversa.



CORRELACIONES

		TRATA- MIENTO	ptotal	DESTRIO	COMERCIABLE
Correlación de Pearson	TRATAMIENTO	1,000	,319	,307	,239
	ptotal	,319	1,000	,353	,952
	DESTRIO	,307	,353	1,000	,049
	COMERCIABLE	,239	,952	,049	1,000
Sig. (unilateral)	TRATAMIENTO	.	,005	,007	,028
	ptotal	,005	.	,002	,000
	DESTRIO	,007	,002	.	,351
	COMERCIABLE	,028	,000	,351	.
N	TRATAMIENTO	64	64	64	64
	ptotal	64	64	64	64
	DESTRIO	64	64	64	64
	COMERCIABLE	64	64	64	64

Tabla 145. Coeficientes de correlación de Pearson bilateral de la producción y tratamientos.

Para facilitar la estimación por intervalo del modelo de regresión es exigible la normalidad de la distribución de los errores, lo que se puede ver de manera gráfica con el histograma de los residuales estandarizados y también con el gráfico de probabilidad normal (gráfico pp normal).

El histograma de la figura nº 129 representa la variable tratamiento en forma de barras, dónde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados y sirve para obtener una vista general de la distribución de la población respecto a una característica cuantitativa y continua de la misma, como es el tratamiento con N en este caso. De esta manera, ofrece una visión en grupo, permitiendo observar una preferencia o tendencia por parte de la muestra o población por ubicarse en una determinada región de valores del espectro y permite poder ver también el grado de variabilidad y la dispersión. En el histograma podemos observar como la parte central de la distribución acumula más casos de los

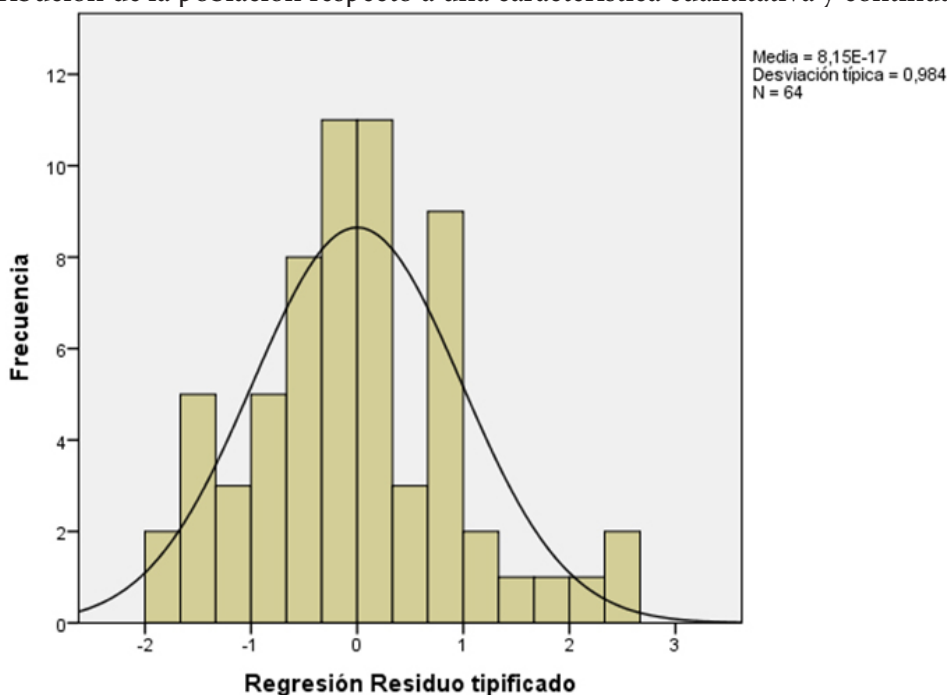
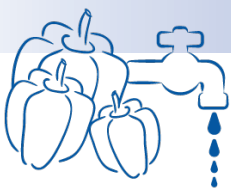


Figura 129. Histograma de los tratamientos.



que existen en una curva normal, así como que la distribución es asimétrica, habiendo valores mayores en la cola negativa de la distribución que en la positiva; aunque se asemeja bastante a un modelo de probabilidad normal.

El gráfico de probabilidad normal de los residuos representa en el eje de abscisas la probabilidad acumulada de cada residuo tipificado y en ordenadas la probabilidad acumulada teórica que corresponde a cada puntuación típica en una curva normal con media 0 y desviación típica 1. En el gráfico de dispersión (figura nº 130), se ve de manera intuitiva la relación entre dos variables; pero esto es solo una aproximación no muy rigurosa. Como la nube de puntos se encuentra alineada sobre la diagonal, ello significa que los residuos se distribuyen normalmente, en este caso con bastante aproximación, por lo que verificamos la hipótesis de normalidad de la producción respecto a los tratamientos. Podemos completarlo mediante un gráfico en el que se comparan las puntuaciones residuales (esperadas) y predichas (observadas). Corroboramos, por tanto, la linealidad entre el valor esperado para los distintos tratamientos con nitrógeno frente al valor observado en los ensayos.

Gráfico P-P normal de regresión Residuo tipificado

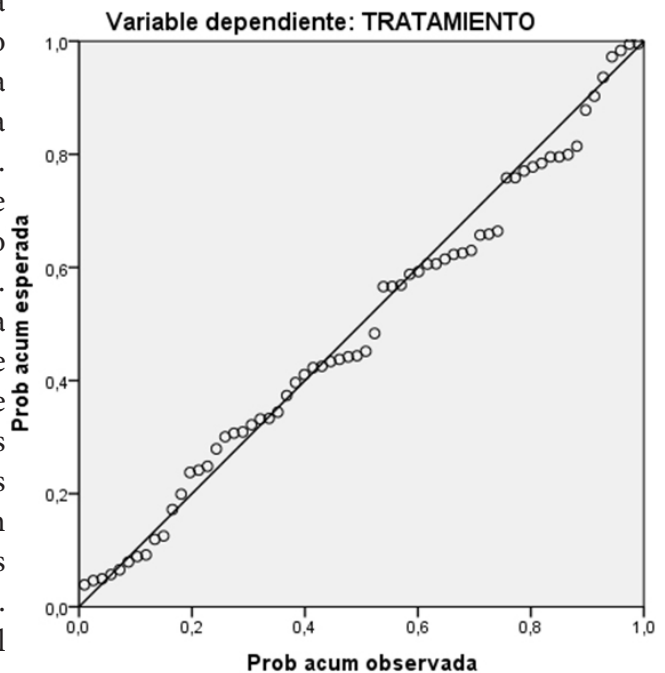


Figura 130. Gráfico de dispersión de los tratamientos.

5.4.6.- Correlaciones entre la producción comercializable, la lixiviación de nitratos y los tratamientos. Campañas 1999-2007

Con el modelo matemático de regresión pretendemos aproximar la relación de dependencia entre una variable dependiente, las variables independientes y un término aleatorio y expresar dicha relación en términos de ecuación, de manera que pueda predecir la variable dependiente en función de los valores de la variable independiente. Realizamos ahora el análisis de regresión múltiple de tres variables: producción comercializable, lixiviación de nitratos y tratamiento ensayado. La tabla nº 146 recoge los estadísticos descriptivos de las tres variables.

REGRESIÓN

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación típica	N
COMERCIALIZABLE	7696,09	1947,438	56
LIXIV_NITRATOS	145,5532	94,44076	56
TRATAMIENTO	4,91	2,539	56

Tabla 146. Estadísticos descriptivos de la producción y los tratamientos.



La tabla n° 147 contiene el coeficiente de correlación de Pearson, pudiendo observar como la variable producción comercializable y lixiviación de nitratos correlacionan negativamente, lo que significa que los tratamientos más abonados con N y que dan una mayor lixiviación de nitratos, dan también una menor producción, verificando la hipótesis de partida de que no por abonar con más N se obtendrán mayores cosechas.

CORRELACIONES

		COMERCIABLE	LIXIV_NITRATOS	TRATAMIENTO
Correlación de Pearson	COMERCIABLE	1,000	-,318	,215
	LIXIV_NITROGENO	-,318	1,000	,147
	TRATAMIENTO	,215	,147	1,000
Sig. (unilateral)	COMERCIABLE	.	,009	,056
	LIXIV_NITROGENO	,009	.	,140
	TRATAMIENTO	,056	,140	.
N	COMERCIABLE	56	56	56
	LIXIV_NITROGENO	56	56	56
	TRATAMIENTO	56	56	56

Tabla 147. Coeficientes de correlación de Pearson bilateral de la producción y los tratamientos.

La tabla resumen del modelo de regresión (n° 148) nos indica cómo la producción comercializable queda explicada en un 17,1% por las variables predictoras: constante, tratamiento y lixiviación de nitratos, según el modelo lineal considerado ($R^2 = 0.171$). Por otro lado, tomadas juntas las dos variables independientes incluidas en el análisis explican solo el 14% de la varianza de la variable dependiente, pues R^2 corregida = 0,14.

Resumen del modelo^b

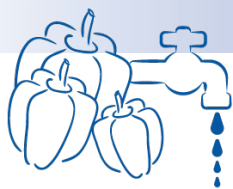
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,413 ^a	,171	,140	1806,471

a. Variables predictoras: (Constante), TRATAMIENTO, LIXIV_NITRATOS

b. Variable dependiente: COMERCIABLE

Tabla 148. Resumen del modelo de regresión de los tratamientos y la producción comercializable.

La tabla resumen del procedimiento ANOVA (tabla n° 149) nos indica si existe o no relación significativa entre las variables. El factor F permite contrastar la hipótesis nula de que el valor poblacional de R es cero, o sea que la pendiente de la recta de regresión vale cero. Si $R > 0$, ambas variables estarían linealmente relacionadas y rechazar H_0 significaría que la variable no aporta información significativa en el análisis de regresión realizado. Siendo el nivel de significación la probabilidad de obtener el valor F si la hipótesis nula fuera cierta, cómo este valor es menor que 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que el modelo de regresión es válido, existiendo relación lineal significativa. Así, en nuestro análisis, al 5% se rechaza H_0 (Sig.<0,05), por lo que las variables predictoras (lixiviación de nitratos y tratamiento) influyen de forma conjunta y lineal sobre la producción comercializable.



ANOVA^b

	Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	35631523,113	2	17815761,557	5,459	,007 ^b
	Residual	172956863,440	53	3263337,046		
	Total	208588386,554	55			

a. Variable dependiente: COMERCIALIZABLE

b. Variables predictoras: (Constante), TRATAMIENTO, LIXIV_NITROGENO

Tabla 149. F de Snedecor del modelo de regresión de los tratamientos y la producción comercializable.

La tabla n° 150 refleja una serie de estadísticos derivados del análisis de la varianza que pasamos a explicar. Por un lado nos da el coeficiente tipificado β , que tiene más peso cuanto mayor es el valor absoluto de la ecuación de regresión, por los valores de la tabla podemos ver que se produce más echando N que no echando; pero tiene más peso en la producción el que lixivie menos. Por otro lado nos ofrece la significación individual de las variables y de la constante (interferencia) del estadístico t de Student. Al nivel de significación del 5%, el tratamiento y la lixiviación de nitratos son significativos para la producción comercializable de pimiento (Sig.<0,05), por lo tanto rechazamos H_0 , lo que quiere decir que las variables explicativas influyen de forma conjunta y lineal sobre la variable independiente (producción comercializable).

MODELO	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B		Correlaciones		
	B	Error típ.	Beta				Límite inferior	Límite superior	Orden cero	Parcial	Semi-parcial
(Constante)	7760,900	613,294			12,654	,000	6530,788	8991,011			
LIXIV_NITROGENO	-7,360	2,607	-,357		-2,823	,007	-12,590	-2,130	-,318	-,362	-,353
TRATAMIENTO	204,953	96,986	,267		2,113	,039	10,423	399,483	,215	,279	,264

a. Variable dependiente: COMERCIALIZABLE

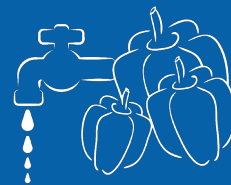
Tabla 150. Significación de las variables y coeficientes tipificados beta de la lixiviación de nitratos y tratamientos respecto de la producción.

De la tabla n° 150 podemos obtener la siguiente ecuación de regresión que relaciona la producción comercializable con la lixiviación de nitratos y los tratamientos, que es la ecuación que define el pronóstico de la producción comercializable:

$$\text{Producción comercializable} = 7.760,9 - 7,36 \text{ lixiv_nitratos} + 204,95 \text{ tto}$$

Lo importante de esta ecuación es que para las condiciones de los ensayos existe una relación lineal negativa entre la producción comercializable de pimientos y la lixiviación de nitratos.

El visor del programa SPSS nos ofrece también una tabla resumen (tabla n° 151) con información sobre el valor máximo y mínimo, la media y la desviación típica de los pronósticos de los residuos, de los pronósticos tipificados y de los residuos tipificados. En este caso la media de los residuos vale cero.



Estadísticos sobre los residuos^a

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	N
Valor pronosticado	5648,26	9340,51	7696,09	804,889	56
Residual	-4382,625	3748,798	,000	1773,322	56
Valor pronosticado tip.	-2,544	2,043	,000	1,000	56
Residuo típ.	-2,426	2,075	,000	,982	56

a. Variable dependiente: COMERCIBLE

Tabla 151. Resumen de los pronósticos de los residuos.

El gráfico de probabilidad normal de los residuos nos indica la relación entre producción comercializable y los residuos, de manera que corroboramos la linealidad entre el valor esperado para la producción comercializable frente al valor observado en los ensayos.

Se refleja aquí el diagrama de regresión parcial, que nos permite hacernos una idea rápida sobre la forma que adopta una relación, en este caso entre la variable dependiente (producción comercializable) y cada una de las variables independientes por separado. El diagrama de dispersión de la producción comercializable en función de la lixiviación de nitratos (figura nº 132) nos permite observar como la tendencia es que a menos lixiviación de nitratos, más producción comercializable.

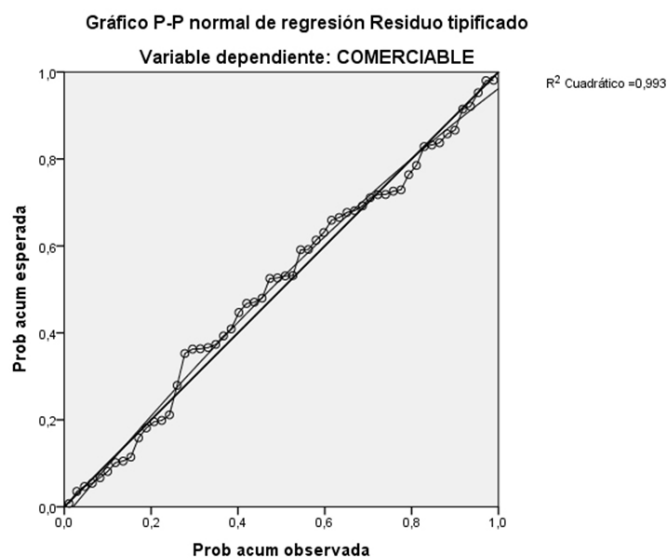


Figura 131. Gráfico de probabilidad normal de los residuos respecto a la producción comercializable.

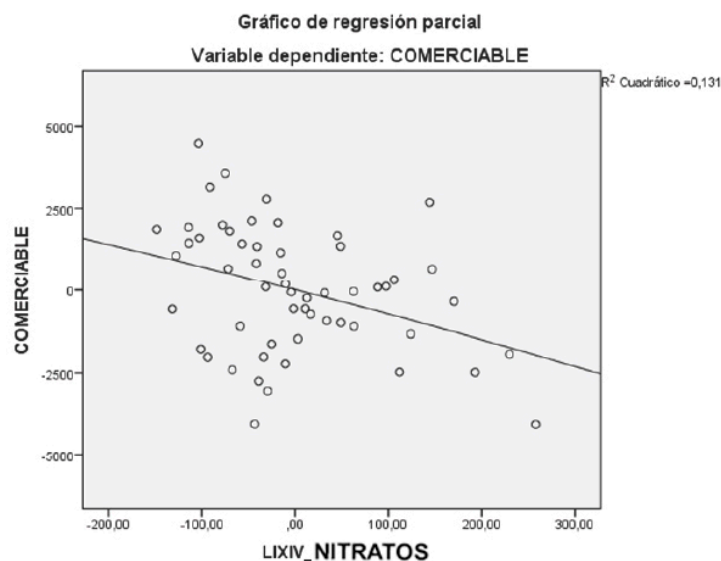


Figura 132. Diagrama de regresión parcial de la producción comercializable respecto a la lixiviación de nitratos.

El diagrama de dispersión de la producción comercializable en función del tratamiento aplicado (figura nº 133) nos permite observar como la tendencia es que hay un punto óptimo de aplicación de abonado mineral nitrogenado para el cual se obtiene más producción comercializable, de manera que tanto si se sobrefertiliza con N como si la dosis aplicada es insuficiente, la producción se resiente.

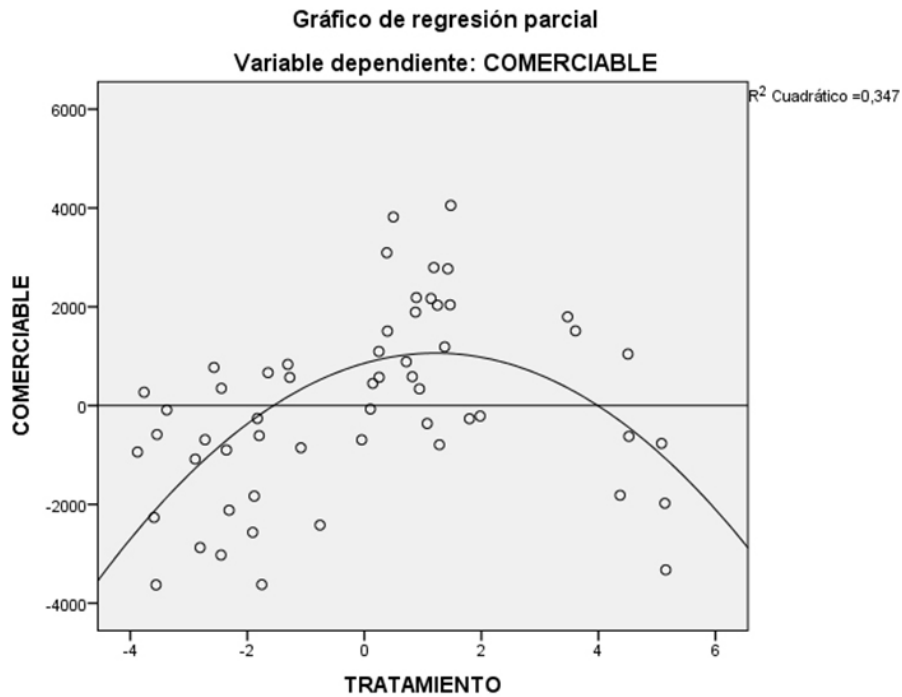
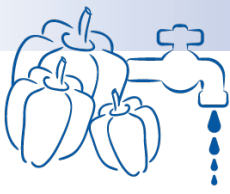


Figura 133. Diagrama de regresión parcial de la producción comercializable respecto a los tratamientos.

En la figura nº 134 se representa la producción media total en g/m^2 en un diagrama de barras y la lixiviación media total en kg/ha en forma de línea continua, en función de los tratamientos aplicados para el conjunto de las anualidades. Se observa como el mejor resultado respecto a la producción total es el del T-E (cultivo ecológico), que además es el que menos lixiviana, seguido de los tratamientos con Buprofezín ($13 gN/m^2$) de los que no se midió la lixiviación, del T-I (cultivo integrado), T-1 ($0 gN/m^2$), y T-2 ($15 gN/m^2$) y por último el T-C (cultivo convencional), T-3 ($30 gN/m^2$) y T-4 ($45 gN/m^2$), que son además los que más lixivian.

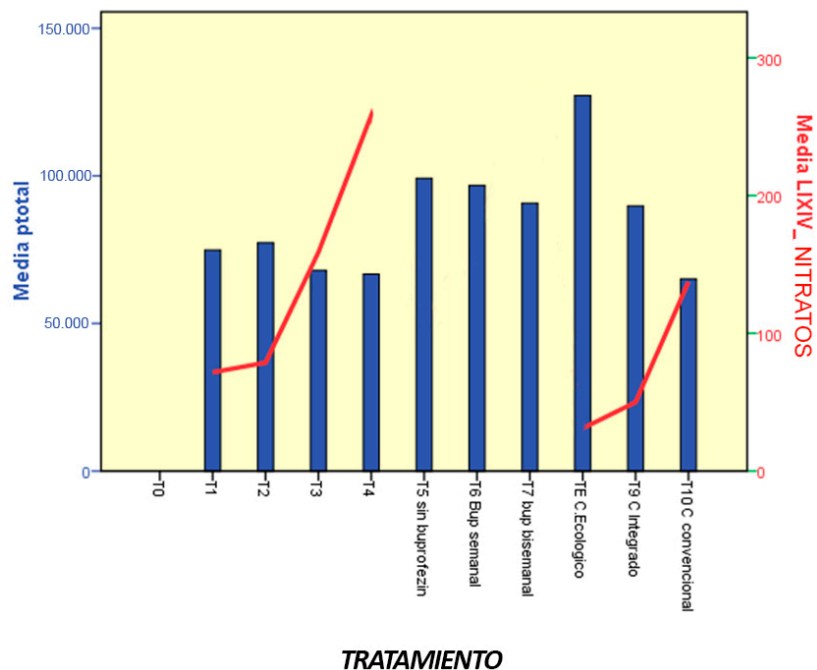
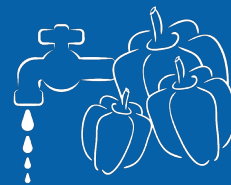


Figura 134. Diagrama de barras que representa la producción media total y la lixiviación media total de nitratos para todos los tratamientos ensayados.



En la figura nº 135 se representa la producción media de destrío en g/m^2 en un diagrama de barras y la lixiviación media total en kg/ha en forma de línea continua, en función de los tratamientos aplicados para el conjunto de las anualidades. Se observa como el peor resultado respecto a la producción de destrío es el del T-E (cultivo ecológico), que además es el que más producción comercializable y total ha dado y el que menos lixivía. Para el resto de los tratamientos la producción de destrío ha sido muy homogénea y en todos los casos está por debajo de los $1.000 g/m^2$.

En la figura nº 136 se representa la producción media comercializable en g/m^2 en un diagrama de barras y la lixiviación media total en kg/ha en forma de línea continua, en función de los tratamientos aplicados para el conjunto de las anualidades. Se observa como el mejor resultado respecto a la producción comercializable es el del T-E (cultivo ecológico), que además es el que menos lixivía, seguido de los tratamientos con Buprofezín (13 gN/m^2) de los que no se midió la lixiviación, del T-I (cultivo integrado), T-1 (0 gN/m^2), y T-2 (15 gN/m^2) y por último el T-C (cultivo convencional), T-3 (30 gN/m^2) y T-4 (45 gN/m^2), que son además los que más lixivian.

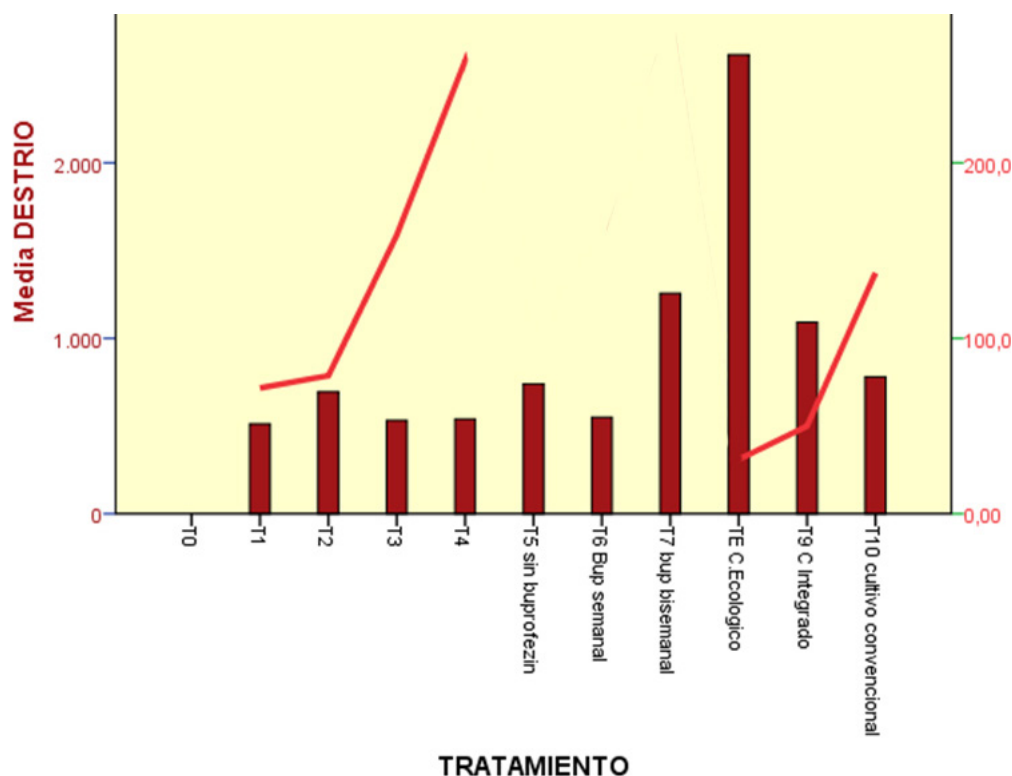


Figura 135. Diagrama de barras que representa la producción media de destrío y la lixiviación media total de nitratos para todos los tratamientos ensayados.

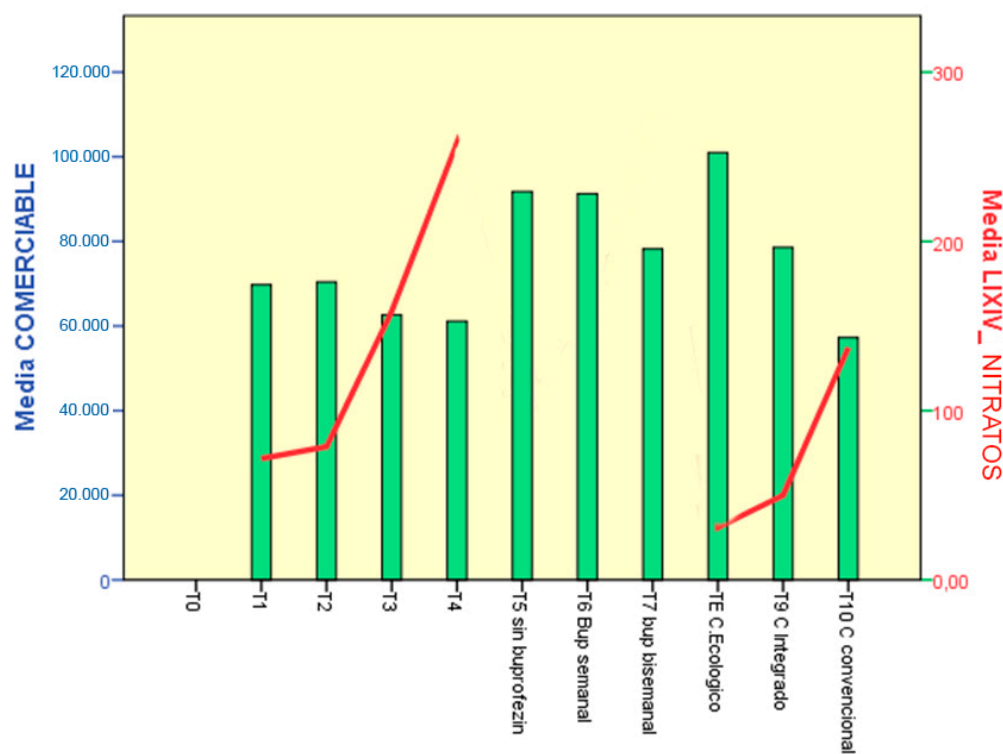
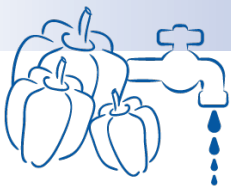


Figura 136. Diagrama de barras que representa la producción media comercializable y la lixiviación media total de nitratos para todos los tratamientos ensayados.



5.4.7.- Análisis factorial de todas las variables que intervienen en los ensayos. Campañas 1999-2007.

El análisis factorial es una técnica estadística multivariante cuya finalidad es analizar las relaciones de interdependencia existentes entre un conjunto de variables, calculando un conjunto de variables latentes, denominadas factores, que explican con un número menor de dimensiones dichas relaciones. Dado que en los ensayos podemos considerar que interviene un grupo numeroso de variables, se considera interesante realizar el análisis factorial al objeto de encontrar grupos homogéneos de variables que correlacionan mucho entre si y procurando que unos grupos sean independientes de otros. El objeto último es buscar el número mínimo de dimensiones capaces de explicar el máximo de información contenida en los datos. En análisis factorial consta de 4 fases características: el cálculo de una matriz capaz de expresar la variabilidad conjunta de todas las variables, la extracción del número óptimo de factores, la rotación de la solución para facilitar su interpretación y la estimación de las puntuaciones de los sujetos en las nuevas dimensiones (Esparza, 2010).

La tabla nº 152 contiene las comunalidades asignadas inicialmente a las variables (inicial) y las comunalidades reproducidas por la solución factorial (extracción). La comunalidad de una variable es la proporción de su varianza que puede ser explicada por el modelo factorial obtenido, de manera que estudiando las comunalidades de la extracción podemos valorar cuáles de las variables son peor explicadas por el modelo (Esparza, 2010). Las comunalidades iniciales representan la varianza de cada variable explicada por todas las componentes principales y como antes de la extracción el número de componentes coincide con el número de variables, valen siempre 1. En nuestro análisis la variable lixímetro es la peor explicada, ya que el modelo solo es capaz de reproducir el 23,1% de su variabilidad original, resultado lógico, ya que los lixímetros son las unidades experimentales diseñadas para comportarse todas de la misma manera y no influir en los resultados. Por el contrario, correlacionan muy bien entre si la producción (comercializable, destrío y total) y el volumen de riego con el volumen lixiviado. Por lo tanto, salvo lixímetro y en menor medida lixivación de nitratos (obviamente por haber ensayado diferentes tratamientos con N), las variables quedan bien explicadas por el modelo.

A. FACTORIAL

Comunalidades

	Inicial	Extracción
COMERCIABLE	1,000	,836
DESTRIO	1,000	,760
ptotal	1,000	,921
LIXIV_NITRATOS	1,000	,404
VOL_RIEGO	1,000	,863
VOL_LIXIVIADO	1,000	,829
SOLARIZACIÓN	1,000	,739
LIXIMETRO	1,000	,231

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Tabla 152. Comunalidades asignadas inicialmente a las variables y las reproducidas por la solución factorial para todos los parámetros analizados.



En la tabla n° 153 se refleja la varianza total explicada, con un listado de los autovalores de la matriz de varianzas-covarianzas y del porcentaje de la varianza que representa cada uno de ellos. Los autovalores expresan la cantidad de varianza total que está explicada por cada factor. En nuestros ensayos, hay tres autovalores mayores que 1 (producción comercializable, destrío y total) y otro que se acerca mucho a 1 (lixiviación de nitratos). El procedimiento extrae tres factores que consiguen explicar el 69,80% de la varianza de los datos originales. Si queremos explicar un mínimo del 90% de la variabilidad contenida en los datos, sería necesario extraer 5 factores. Así, la producción y el N lixiviado explican el 81,74% de la variabilidad de los ensayos, lo que es lógico, puesto que el tratamiento diferencial ensayado (distintas dosis de abonado mineral nitrogenado) donde más ha influido ha sido en la producción y la cantidad de nitrato lixiviado en forma de nitratos. Como muestra la columna de porcentajes acumulados, con 7 factores se consigue explicar el 100% de la varianza total: producción comercializable, destrío, producción total, lixiviación de nitrato, volumen de riego, volumen lixiviado y solarización; pero si queremos llegar a este porcentaje no se consigue reducir el número de dimensiones necesarias para explicar los datos.

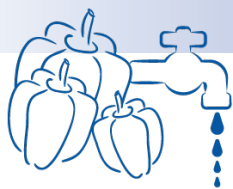
Varianza total explicada

	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			95% Intervalo de confianza para la diferencia		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	2,48	31,090	31,090	2,487	31,090	31,090	2,440	30,494	30,494
2	2,08	26,062	57,152	2,085	26,062	57,152	1,984	24,795	55,288
3	1,01	12,651	69,803	1,012	12,651	69,803	1,161	14,515	69,803
4	,95	11,942	81,745						
5	,71	8,905	90,650						
6	,58	7,266	97,916						
7	,16	2,084	100,000						
8	2,708E-005	,000	100,000						

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Tabla 153. Varianza total explicada con listado de los autovalores de la matriz de varianzas-covarianzas.

En la tabla n° 153 se refleja además en las columnas la suma de las saturaciones al cuadrado de la extracción, junto a los autovalores iniciales de la matriz de correlaciones original. Estas sumas coinciden con los valores iniciales, explicando el primer factor el 31,09% de la varianza total, el 2° factor el 26,06% y el tercer factor el 12,65%, siendo sus valores superiores a 1. Estos tres factores serían los más relevantes desde el punto de vista de la proporción de varianza que consiguen explicar. Se realiza también la rotación de la solución original con el objetivo de mejorar la interpretación de la estructura factorial, reflejándose en tres columnas información adicional de la suma de las saturaciones tras la rotación de los factores. Podemos comprobar como las sumas de los cuadrados de las saturaciones no coinciden con las de la extracción no rotada, aunque difieren poco, por lo que podemos pensar que la rotación no mejora demasiado la interpretación de la solución factorial y que la extracción inicial ofrece ya una solución suficientemente clara (Esparza, 2010).



En la tabla n° 154 se encuentra la solución factorial propiamente dicha, ya que contiene las correlaciones entre las variables originales y cada uno de los factores. Podemos apreciar como el primer factor está constituido por las variables producción comercializable y producción total y en menor medida destrío, que constituyen un grupo diferenciado de variables dentro de la matriz de correlaciones y refleja la dimensión “producción”. El segundo factor recoge el grupo de variables volumen de riego y volumen lixiviado, representando claramente el binomio agua aplicada/agua lixiviada, que son las variables relacionadas con la segunda componente (0,830 y 0,895). Por último el tercer factor está formado por una única variable, la solarización, que es independiente de producción o de agua aplicada/lixiviada, puesto que puede haberse solarizado con poca agua y en cambio tratarse de una anualidad con mucho volumen de riego y por lo tanto volumen lixiviado.

Si hallamos la matriz de componentes rotados (tabla n° 155), podemos comparar sus resultados con la matriz de componentes no rotada y vemos que ha mejorado algo la saturación de todas las variables, tanto las agrupadas en el primero como en el segundo o tercer factor, mejorando especialmente la correlación entre los factores volumen de riego y volumen lixiviado, empeorando en cambio la relación de estas respecto a la lixiviación de nitratos, más explicada por la cantidad de N mineral aplicado que por el volumen de riego aplicado, ya que este, en teoría, ha sido el ajustado al cultivo siguiendo las directrices de la FAO. Se corrobora así lo que ya había sido esbozado en la matriz de componentes: las variables producción están altamente relacionadas con la 1ª componente, siendo prácticamente nula o negativa la relación que presentan con la 2ª componente. Lo mismo puede decirse de las variables lixiviación de nitratos, volumen de riego y volumen lixiviado respecto de la 2ª componente.

Matriz de componentes^a

	COMPONENTE		
	1	2	3
COMERCIABLE	,904	-,132	,047
DESTRIO	,289	,594	,569
ptotal	,931	,066	,224
LIXIV_NITRATOS	-,447	,450	,047
VOL_RIEGO	,208	,830	-,362
VOL_LIXIVIADO	-,001	,895	-,167
SOLARIZACIÓN	-,501	,123	,687
LIXIMETRO	-,475	,049	-,051

Método de extracción: Análisis de componentes principales.
a. 3 componentes extraídos

Tabla 154. Correlaciones entre las variables originales y cada uno de los factores.

Matriz de componentes rotados^a

	COMPONENTE		
	1	2	3
COMERCIABLE	,905	-,028	-,130
DESTRIO	,343	,414	,686
ptotal	,949	,105	,097
LIXIV_NITRATOS	-,462	,353	,257
VOL_RIEGO	,083	,921	-,091
VOL_LIXIVIADO	-,092	,895	,142
SOLARIZACIÓN	-,379	-,163	,754
LIXIMETRO	-,479	,004	,037

Método de extracción: Análisis de componentes principales.
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.
a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.

Tabla 155. Matriz de componentes rotados entre las variables originales y cada uno de los factores.

Matriz de transformación de las componentes

Componente	1	2	3
1	,982	,123	-,144
2	-,069	,941	,332
3	,176	-,317	,932

Método de extracción: Análisis de componentes principales.
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

Tabla 156. Matriz de transformación de las componentes.

La matriz de transformación de las componentes (tabla n° 156) permite reducir el número de factores que son necesarios para explicar una variable. La rotación Varimax que ofrece el paquete SPSS identifica de forma más precisa la relación de las variables con las componentes.



Matriz de coeficientes para el cálculo de las puntuaciones en las componentes

	COMPONENTE		
	1	2	3
COMERCIABLE	,369	-,030	-,030
DESTRIO	,194	,104	,602
ptotal	,404	,006	,163
LIXIV_NITROGENO	-,183	,166	,140
VOL_RIEGO	-,009	,498	-,213
VOL_LIXIVIADO	-,059	,456	-,011
SOLARIZACIÓN	-,082	-,184	,682
LIXIMETRO	-,198	,014	-,011

Método de extracción: Análisis de componentes principales.
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

Tabla 157. Matriz de coeficientes para el cálculo de las puntuaciones en las componentes.

Matriz de covarianza de las puntuaciones de las componentes

Componente	1	2	3
1	1,000	,000	,000
2	,000	1,000	,000
3	,000	,000	1,000

Método de extracción: Análisis de componentes principales.
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

Tabla 158. Matriz de covarianza de las puntuaciones de las

En la tabla nº 157 aparecen las puntuaciones de cada variable en las componentes principales y en la tabla nº 158 la matriz de covarianza de las puntuaciones de las componentes, todos ellos datos necesarios para el análisis factorial.

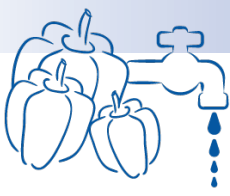
La tabla nº 159 muestra para cada una de las variables incluídas en el análisis algunos estadísticos descriptivos univariados: la media, la desviación típica y el número de casos válidos para el análisis, habiéndose tomado 56 para todas las variables, salvo le caso de la solarización, que sólo se midió en cuatro anualidades y 8 lixímetros cada anualidad.

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación típica	N análisis
COMERCIABLE	7696,09	1947,438	56
DESTRIO	776,57	662,906	56
ptotal	8475,41	2096,056	56
LIXIV_NITROGENO	145,5532	94,44076	56
VOL_RIEGO	6045,82	1261,361	56
VOL_LIXIVIADO	1094,29	636,774	56
SOLARIZACIÓN	1,75	1,352	32

Tabla 159. Estadísticos descriptivos univariados del análisis factorial.

Como resultado de los datos anteriores obtenemos la tabla nº 160, que ofrece la matriz de correlaciones, es decir, los coeficientes de correlación de Pearson entre cada par de variables. Para que el análisis sea fructífero es conveniente que la matriz contenga grupos de variables que correlacionan fuertemente entre si. En la tabla se observa como hay una correlación muy fuerte entre la producción comercializable y total (94,9%), así como entre el volumen lixiviado y el volumen de riego (74,4%). Se observa también como existe una correlación negativa entre producción (comercializable y total) y N lixiviado (-31,8% y -26,0% respectivamente), dato este muy importante que viene a corroborar cómo cuanto mayor es el N lixiviado (N aportado por lo tanto) menor es la producción esperada, en el contexto de los ensayos. Hay también una correlación positiva, aunque más débil, entre el volumen lixiviado y el volumen de solarización, con la cantidad de N lixiviado.



		COMERCIABLE	DESTRIO	ptotal	LIXIV_NITROGENO	VOL_RIEGO	VOL_LIXIVIADO	SOLARIZACIÓN	LIXIMETRO
Correlación	COMERCIAL	1,000	,062	,949	-,318	,116	-,161	-,333	-,230
	DESTRIO	,062	1,000	,374	,111	,249	,410	,095	-,151
	ptotal	,949	,374	1,000	-,260	,186	-,019	-,279	-,260
	LIXIV_NITROGENO	-,318	,111	-,260	1,000	,234	,185	,202	,243
	VOL_RIEGO	,116	,249	,186	,234	1,000	,744	-,117	-,010
	VOL_LIXIVIADO	-,161	,410	-,019	,185	,744	1,000	,054	,004
	SOLARIZACIÓN	-,333	,095	-,279	,202	-,117	,054	1,000	,204
	LIXIMETRO	-,230	-,151	-,260	,243	-,010	,004	,204	1,000

Tabla 160. Coeficientes de correlación de Pearson entre cada par de variables.

Para terminar este capítulo de análisis factorial, reflejamos aquí el gráfico de sedimentación de Cattell (1966) del programa SPSS, para determinar el número óptimo de factores y consiste simplemente en una representación gráfica del tamaño de los autovalores. Un autovalor indica la cantidad de varianza explicada por una componente principal. Se ofrecen los autovalores ordenados de mayor a menor, de manera que si un autovalor se aproxima a cero, esto significa que el factor correspondiente a ese autovalor es incapaz de explicar una cantidad relevante de la varianza total, siendo considerado un factor residual y carente de sentido en el análisis (Esparza, 2010). La pendiente pierde inclinación a partir del tercer autovalor, por lo que podemos considerar que solo deben extraerse los tres primeros factores y desechar del cuarto en adelante.

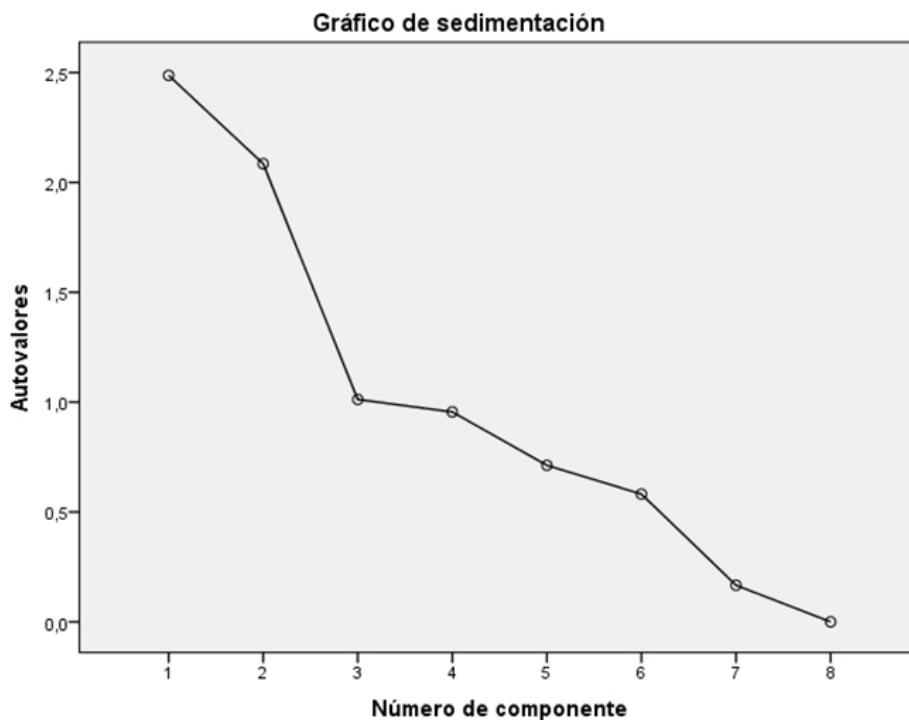
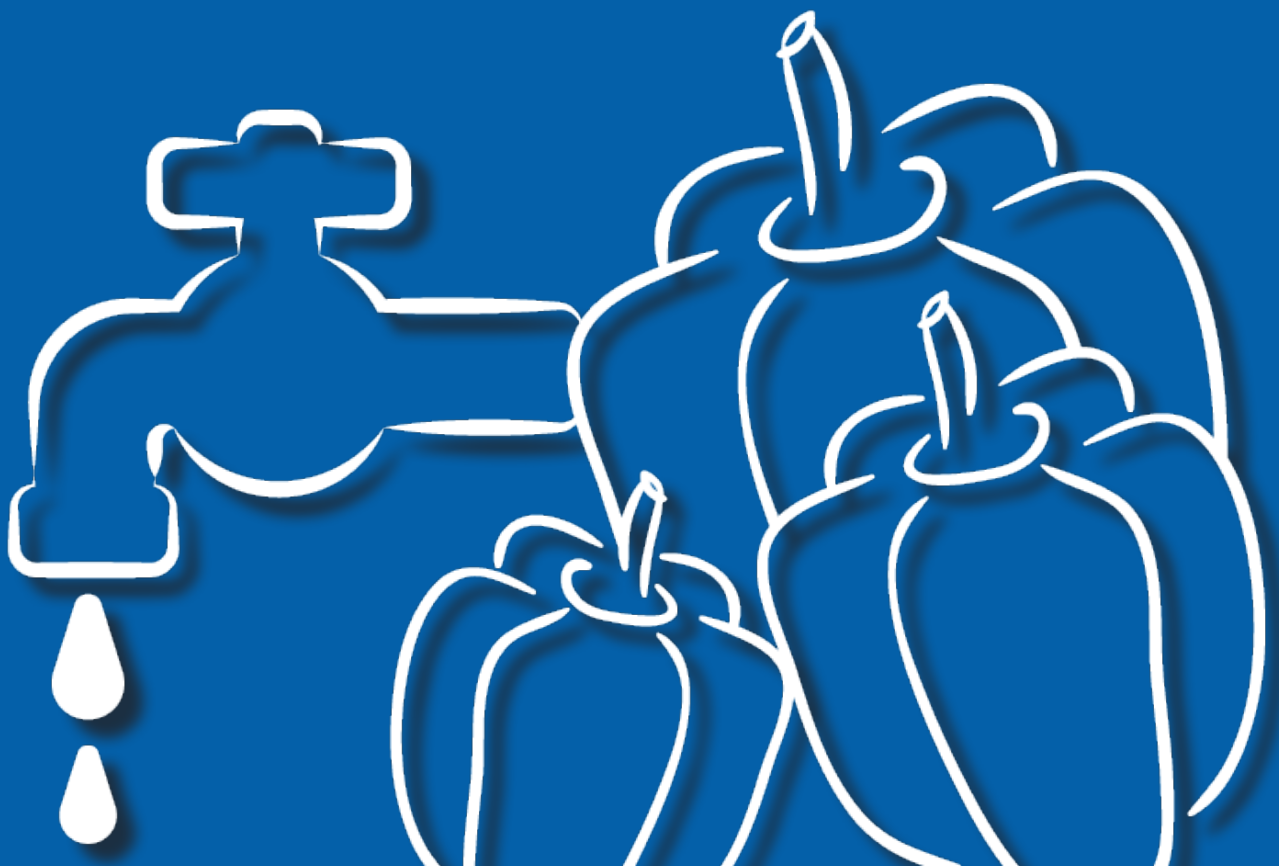
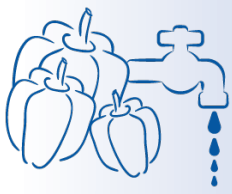


Figura 137. Gráfico de sedimentación de Cattell del número óptimo de factores.

Capítulo 6

Conclusiones





Debido a los numerosos ensayos realizados dentro de los proyectos de investigación que conforman el desarrollo de esta tesis y la amplitud en el tiempo de los mismos (8 campañas de cultivos), tanto el planteamiento experimental como los aspectos estudiados han ido variando con el tiempo, por lo tanto, las conclusiones deben referirse a cada uno de los ensayos, pudiendo obtenerse, no obstante, unas conclusiones finales, resultado de los 8 años de investigación, que conformarían la aportación científico-práctica de la tesis.

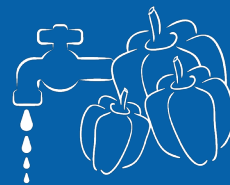
6.1. CONCLUSIONES RELATIVAS AL RIEGO POR EL MÉTODO DE LA FAO

El invernadero en su interior tenía un tanque evaporimétrico “Clase A”, y así, por medio de los datos recopilados diariamente de mismo, se podía calcular la evaporación de cubeta (Epan) interior, que servía para programar el riego semanal, empleando el método de la FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977). Además, como en el mismo Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias de Torre-Pacheco teníamos una estación meteorológica con otro tanque evaporimétrico “Clase A” en el exterior, se podía calcular la Epan exterior, pudiendo contrastar ambos resultados.

Como se ha podido comprobar, la Epan exterior es siempre superior a la Epan interior debido sobre todo al coeficiente de cubeta (k_p), relacionado con las condiciones de humedad relativa, viento y ambiente circundante a la cubeta. Este hecho se debe a que en el invernadero estamos en un lugar confinado, con una velocidad del viento débil (< 175 km/h), mientras que en el exterior la velocidad del viento está comprendida entre 175-700 km/día, que no se ve compensada por el hecho de hacer más calor en el interior del invernadero.

Al utilizarse la Epan exterior, con medidas semanales en nuestros ensayos, se está sobreestimando la evaporación de cubeta, en algunos casos hasta un 40% respecto de la Epan interior. El año 1999 se aplicaron 7.118 m³/ha para todo el ciclo de cultivo como resultado de los datos obtenidos de la cubeta en el exterior del invernadero, siendo la media de riego de las 7 anualidades restantes de 5.864 m³/ha (con un mínimo de 4.666 m³/ha y un máximo de 8.243 m³/ha), con datos obtenidos de la cubeta en el interior del invernadero, a causa de que el efecto debido a la acción de evaporación del viento sobredimensiona la evaporación real en el interior del invernadero y por ello el riego y el lixiviado.

En vez de los datos de estaciones al aire libre, ofrecidos en portales como el Servicio de Información Agraria Murciana, como resultado de este ensayo concluimos que es posible realizar un mejor riego (más ajustado a las necesidades del cultivo) en los cultivos bajo invernadero tomando los datos de la Epan interior, con un ahorro en el entorno del 15-20% de riego.



6.2. CONCLUSIONES RELATIVAS A LOS VOLÚMENES APORTADOS Y LIXIVIADOS

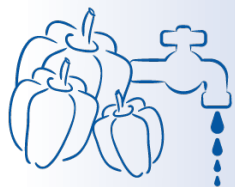
A lo largo de todo el ciclo de cultivo y para los ocho años de ensayos, se aplicó una media de 602,07 litros de agua por m^2 (6.020,75 m^3/ha), con pequeñas variaciones no significativas entre unidades experimentales y variaciones entre campañas debidas a la climatología y duración del ciclo, que van desde los 4.666 m^3/ha del año 2000 hasta los 8.243 m^3/ha de 2005. Comprobamos que el volumen aplicado está dentro de los valores habituales de riego en la zona de estudio, que oscilan entre 6.000 y 9.000 m^3/ha .

Se lixivió una media de 109,41 litros de agua por m^2 (1.094,09 m^3/ha), lo que supuso como término medio un 18,17% del agua aplicada, con variaciones entre campañas, que van desde los 490,60 m^3/ha del año 2006 hasta los 1.961,92 m^3/ha del año 2003. Concluimos que un porcentaje de agua drenada entre el 15 y el 20% puede considerarse normal para este tipo de suelos y condiciones de cultivo si el riego se ha realizado adecuadamente y que en nuestros ensayos el efecto de los nitratos lixiviados no se puede atribuir a un exceso de riego.

Sólo en una anualidad hubo diferencias significativas en el porcentaje de agua lixiviada entre tratamientos y fue en 2005, coincidiendo con la mayor cantidad de agua aplicada (8.243 m^3/ha). En esta campaña (2005-2006), el porcentaje lixiviado en el caso del T-C (cultivo convencional) fue del 14,62%, en el T-I (cultivo integrado) del 17,14%, y en el T-E (cultivo ecológico) del 21,74%. Estas diferencias podrían ser debidas a la diferencia de abonado nitrogenado aplicado a los distintos tratamientos, que dio lugar a una mayor producción de masa vegetal cuanto mayor fue el nitrógeno aplicado. De este modo, el T-C experimentó un mayor crecimiento vegetativo que el T-I y éste mayor que el T-E, y cuanto mayor era la superficie foliar del cultivo, mayor transpiración se producía y, por tanto, menor era el porcentaje de agua de riego que podía infiltrarse a capas más profundas del suelo.

El aumento del volumen de riego no provocó un aumento en la producción, necesiándose desde 57,032 litros de agua para producir 1 kg de pimiento hasta 113,471 litros, como valores extremos, lo que deja sin prueba suficiente la hipótesis de relación entre la producción comercial de pimientos y el agua consumida en las condiciones de los ensayos. Esta afirmación se halla dentro de la lógica de los hechos analizados, puesto que, al fin y al cabo, el agua drenada en los lixímetros es el agua gravitacional o no útil. Por tanto, cabe mantener que las unidades experimentales recibieron el agua suficiente para mantener el cultivo y que fue sensiblemente igual en los distintos tratamientos (lo cual era el objetivo del riego, que se pretendía no actuara como variable diferencial del ensayo).

Observando los datos de lixiviación de nitratos de los años 1999, 2000 y 2001, puede verse cómo para una misma dosis de abonado se obtienen lixiviados diferentes, mayores en el año 1999. Este hecho se debe al volumen de agua aportado ha sido unos 200 l/m^2 superior en todos los tratamientos en el año 1999 que en los años 2000-2001, dando como consecuencia una mayor cantidad de nitratos lixiviados. Por lo tanto, concluimos como era de esperar, que la lixiviación de nitratos está en relación directa con el nitrógeno aportado, pero también con el volumen de agua aplicada.



6.3. CONCLUSIONES RELATIVAS A LA CONCENTRACIÓN Y CONDUCTIVIDAD DE LOS NITRATOS EN LOS LIXÍMETROS DE DRENAJE Y EN SONDAS DE SUCCIÓN.

Se obtuvieron muestras periódicas de agua del suelo sobre las que determinar el contenido de nitratos y conductividad eléctrica, tanto en sondas de succión a 25 y 50 cm de profundidad como en el fondo de los lixímetros a 50 cm.

En cuanto a la conductividad eléctrica de las muestras de lixiviados profundos, los valores medios obtenidos en el T-E (cultivo ecológico) fueron menores que los de T-C (cultivo convencional) y T-I (cultivo integrado) durante casi todo el ciclo de cultivo, dando una media de 2,94 dS/m en el T-E, 3,43 dS/m en el T-I, y 3,47 dS/m en el T-C. En la campaña 2006-2007 los valores medios obtenidos fueron de 3,99 dS/m en el T-E y 4,01 dS/m en el T-I.

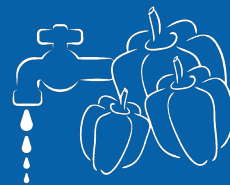
Se observa una clara disminución de la concentración de nitratos en los lixiviados del T-E y algo menor en el T-I, desde valores que rondan las 250 ppm al inicio del cultivo hasta mínimos cercanos a cero al final del mismo, como consecuencia de las extracciones producidas por el propio cultivo, que esquilman el suelo de este elemento. El cultivo convencional (T-C), en cambio, no tiene una disminución tan acusada, debido a que los aportes de nitratos son superiores a lo consumido por el cultivo. Concluimos, como era de esperar, que la concentración acumulada de nitratos en el agua de drenaje es muy superior en el cultivo convencional, llegando a 350 ppm, que en el integrado, llegando a 220 ppm, y en este muy superior al cultivo ecológico, donde apenas si alcanza las 150 ppm.

Se observa también como la concentración de nitratos es mayor en las capas superficiales (0-20 cm) que en las profundas, a lo largo del cultivo, por ser la zona donde están la mayor parte de las raíces y donde se aplica el abonado mineral. Concluimos que se produce una disminución de los nitratos en el suelo al final del ciclo en relación con el comienzo del mismo, como consecuencia lógica de las extracciones realizadas por el cultivo.

El valor medio de concentración obtenido de las sondas de 25 cm de profundidad del T-E (3,28 ppm NO_3^-) es estadísticamente diferente de los tratamientos T-I y T-C (42,88 y 28,85 ppm NO_3^- , respectivamente). Esto responde al hecho de que al T-E no se le aplicó ningún abonado mineral nitrogenado y por tanto el contenido en nitratos era menor en la parte más superficial del suelo.

Los valores medios obtenidos en las sondas instaladas a 50 cm de profundidad indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre el T-C (310,52 ppm NO_3^-) y los otros dos tratamientos (65,34 y 80,07 ppm NO_3^- , en T-E y T-I respectivamente). En este caso esta diferencia se debe a una acumulación de nitratos en profundidad en el T-C debido a un mayor aporte de abonado mineral nitrogenado, que es lavado a las capas más profundas, pero que a 25 cm no sube en exceso porque es tomado por las raíces de las plantas.

Concluimos que las sondas a 50 cm, fuera del alcance de las raíces, pueden ser un buen indicador de que se está realizando una sobrefertilización con abonado nitrogenado, a partir de concentraciones superiores a 100 ppm de NO_3^- .



En cuanto a la conductividad eléctrica medida en las muestras de las sondas, hay diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento T-E y los tratamientos T-I y T-C, siendo estos últimos un grupo homogéneo. Esto ocurría tanto en las muestras de las sondas de 25 cm como en las de 50 cm y los valores del T-E estuvieron la mayor parte del tiempo por debajo de los del T-I y T-C.

6.4. CONCLUSIONES RELATIVAS A LA CANTIDAD DE NITRATOS LIXIVIADOS EN LOS LIXÍMETROS DE DRENAJE.

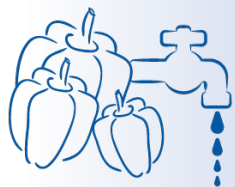
Para poder conocer la evolución de las concentraciones de nitratos a lo largo del cultivo, así como la conductividad eléctrica del agua en el suelo, se analizaron tanto las muestras de lixiviados profundos como las muestras obtenidas mediante sondas de succión, instaladas a 25 y 50 centímetros de profundidad. Se separan las conclusiones por ensayos, por un lado el de diversas dosis de abonado mineral nitrogenado (1999-2001), por otro el de los cultivos ecológico, integrado y convencional (2003-2005) y por otro el análisis conjunto de todos los ensayos.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS PARCIALES DE LOS ENSAYOS: 1999- 2001

Del análisis de los nitratos lixiviados en los años 1999, 2000 y 2001 se observa cómo, pese a haber recibido el mismo abonado nitrogenado, las cantidades lixiviadas son significativamente diferentes en el año 1999 (186,12 kg nitratos/ha) que en 2000 (126,87 kg nitratos/ha) o 2001 (111,12 kg nitratos/ha). Ello sólo puede explicarse por el exceso de riego del año 1999, lo que permite concluir que este ión está estrechamente vinculado a las dosis de agua aplicadas, y que a partir de una cierta dosis de riego, el resto va a percolación profunda. Lo mismo se puede decir de los iones Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} y Na^{+} , de los que se observa que pese a haber recibido un abonado muy similar en 1999 que en 2000 (algo más alto en K^{+}), las cantidades lixiviadas han sido también mayores en el año 1999.

No obstante, en el año 1999, con un exceso de agua aplicada por haber regado tomando los datos de la cubeta en el exterior del invernadero, T-1 y T-2 lixivian poco y solo el T-3 y T-4 lixivian mucho más nitratos que el T-3 y T-4 de los años 2000 y 2001 (con riego menor). Concluimos que sólo a partir de ciertas dosis de nitratos ($\text{T-3} = 30 \text{ gN/m}^2$, $\text{T-4} = 45 \text{ gN/m}^2$) la lixiviación es alta, aún con menos dosis de riego y, en cambio, si la dosis de nitrógeno aportada es baja ($\text{T-2} = 15 \text{ gN/m}^2$), aún en el supuesto de un riego excedentario, la lixiviación de nitratos se mantendrá en unos límites tolerables para el medio ambiente.

Para la media de estas tres anualidades, se pone de manifiesto que los sistemas estudiados vierten al exterior cantidades considerables de nitratos, que varían entre el 10,94% y el 12,12% del nitrógeno aportado, yendo desde los 7,169 g/m² de pérdidas para el T-1 (0 gN/ha) a los 25,863 g/m² de media del T-4 (45 gN/ha). Se concluye cómo incluso el tratamiento sin abonado mineral nitrogenado (T-1) da lugar a lixiviado de nitratos.



ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS PARCIALES DE LOS ENSAYOS, 2003- 2005

El análisis de las muestras de lixiviados profundos recogidas en las anualidades 2003, 2004 y 2005 demuestran que la fertilización mineral aplicada a los tratamientos T-C (cultivo convencional) y T-I (cultivo integrado) se traduce en una mayor presencia de nitratos en capas profundas del suelo que en el T-E (cultivo ecológico) y además, la fertilización más intensiva en el T-C respecto del T-I hizo que también su contenido en nitratos en los lixiviados profundos fuese mayor. Se concluye cómo la cantidad de nitratos lixiviados es mucho mayor en el cultivo convencional, donde llega a 350 kg/ha, que en el integrado, con un máximo de 240 kg/ ha, y el ecológico, con un máximo de 180 kg/ha. Esto indica que hay una sobrefertilización muy clara en el cultivo convencional de este elemento y unas pérdidas considerables de nitratos en el cultivo ecológico e integrado.

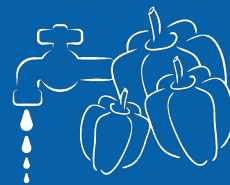
La evolución de los tres tratamientos ensayados resultó ser la que, a priori, parecía más lógica. Al inicio del cultivo los tres métodos de cultivo empezaron lixiviando una cantidad similar de nitratos (70 días después del trasplante, ddt), debido a que a los tres tratamientos se les había aplicado la misma cantidad de abono de fondo a base de estiércol (4 kg/m²). Entre los 70 y 92 ddt se produjo una importante cantidad de lixiviación de nitratos, empezando en ese momento a observarse diferencias apreciables entre los tres tratamientos, alcanzando T-E y T-I valores cercanos a los 90 kg/ha, y T-C casi 150 kg/ha. A partir de los 92 ddt y hasta el final del cultivo el T-E tan sólo lixivía una pequeña cantidad de nitratos, prácticamente estabilizándose su contenido acumulado en las proximidades de los 100 kg/ha. Por otra parte, la fertilización mineral aplicada a los tratamientos T-C y T-I hace que éstos sigan aumentando la cantidad de nitratos encontrados en los lixiviados profundos hasta valores muy superiores a los obtenidos en el T-E, especialmente en el caso del T-C.

Concluimos que la materia orgánica incorporada al suelo como parte de la preparación del terreno y la biofumigación (2+2 kg/m² de estiércol), fue la responsable de gran parte de la lixiviación de nitratos, sobre todo en las primeras fases del cultivo, como consecuencia, sin duda, de la solarización (biofumigación), que supuso riegos en torno a 500 m³/ha. La fertilización orgánica, en el caso de los tratamientos integrado y convencional, concluimos que fue responsable del 50% y 35% respectivamente, del nitrato total lixiviado durante el cultivo y del 80% del nitrato lixiviado en el tratamiento ecológico. La fertilización mineral adicional al empleo de materia orgánica aumentó la lixiviación de nitratos respecto al cultivo ecológico en un 33% y 94% en los tratamientos T-I y T-C, respectivamente.

De los resultados obtenidos en las campañas 2005-2006 y 2006-2007 se concluye que el tratamiento ecológico ha resultado ser el que menor riesgo medioambiental puede suponer para las aguas subterráneas, en cuanto a la probabilidad de contaminación por nitratos se refiere.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS CONJUNTOS DE TODAS LAS CAMPAÑAS 1999- 2006

El análisis de la varianza (ANOVA) de la lixiviación de nitratos, obtenida como resultado de la cantidad de nitratos lixiviados en los lixímetros multiplicados por la concentración medida en el espectrofotómetro para cada uno de los tratamientos ensayados, nos ofrece el valor mínimo y máximo de una unidad experimental o lixímetro: 10,20 y 398,43 kg/ha de nitrato lixiviado, respectivamente. La media de la muestra con N = 56, es de 145,55 kg nitrato/ha y con un nivel de confianza del 95%, está comprendida para la población entre 120,26 y 170,84 kg nitrato/ha. El resultado del estadístico F de Fisher-Snedecor, nos permite rechazar la hipótesis de igualdad de las medias y concluimos que las poblaciones definidas por



Para averiguar qué medias en concreto difieren de qué otras, aplicamos el test de la diferencia honestamente significativa de Tukey (1953) HSD, de comparaciones múltiples o post hoc. A la vista de los resultados obtenidos, concluimos que todos los promedios comparados difieren significativamente: T-4 (45 gN/m²) y T-C (cultivo convencional) difieren significativamente de T-1 (0 gN/m²), T-2 (15 gN/m²), T-3 (30 gN/m²), T-I (cultivo integrado) y T-E (cultivo ecológico).

Analizando los subgrupos homogéneos del procedimiento ANOVA de un factor, en el subconjunto 1 están incluidos tres tratamientos (T-1, T-2 y T-E) cuyas medias difieren significativamente de las otras, en el subconjunto 2 están incluidos dos tratamientos (T-I y T-3) que difieren de los tres anteriores y en el subconjunto 3 están incluidos dos tratamientos (T-C y T-4) que difieren a su vez de los dos anteriores.

Realizando el ANOVA de la lixiviación de nitratos por anualidad, concluimos que no hay variaciones significativas de la lixiviación de nitratos entre anualidades para el conjunto de los tratamientos aplicados T-1, T-2, T-3 y T-4; T-E, T-I y T-C, lo que indica que los ensayos se han realizado en condiciones similares de riego y abonado, resultado totalmente lógico, teniendo en cuenta que en todas las anualidades se han realizado ensayos en lixímetros diferentes con más y con menos abonado mineral nitrogenado y el riego se ha aplicado bajo las mismas premisas, siguiendo las directrices de la FAO.

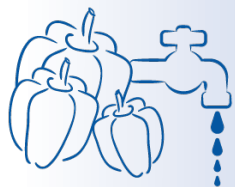
La menor cantidad de N lixiviado se da en la anualidad 2006, en la que solo se ensayaron los cultivos ecológico e integrado; pero también en el año en el que la dosis de riego fue menor (año 2002), por haber una menor lixiviación.

6.5. CONCLUSIONES RELATIVAS AL ENSAYO DE ISÓTOPOS Y CONCENTRACIÓN DE N EN FRUTOS.

Durante las anualidades 2003, 2004 y 2005 se recogieron frutos procedentes de los tratamientos de producción ecológica, integrada y convencional con el fin de validar una metodología para poder diferenciar, en fruto, la utilización de abonos nitrogenados según su procedencia (de síntesis química o procedente de estiércoles) y estudiar si las plantas fertilizadas con uno u otro tipo de abonado presentaban distinta discriminación isotópica en los tejidos de los frutos.

Los análisis realizados en los frutos procedentes de las tres campañas de producción nos muestran diferencias significativas según el sistema de producción empleado, el cual estaba directamente asociado a la aplicación o no de fertilizantes de síntesis (agricultura ecológica) y a la dosis de los mismos (producción convencional frente a integrada). Así, considerando de manera conjunta todos los años de estudio, el tratamiento convencional presentó valores medios de $\delta^{15}\text{N}$ de 4,9 frente a 8,7 del tratamiento integrado y de 13,6 para el tratamiento ecológico, existiendo diferencias significativas entre todos los tratamientos estudiados

Concluimos que la metodología de discriminación isotópica es válida para detectar la adición fraudulenta de abonos nitrogenados de síntesis en cultivos considerados ecológicos.



El análisis de la concentración en nitrógeno total de los frutos de pimiento, muestra que el tratamiento convencional presenta diferencias significativas con respecto al integrado y ecológico. Así, el tratamiento ecológico presenta una disminución del 16,6% en la concentración de N-total, en comparación con el tratamiento convencional, sin diferencias significativas entre el tratamiento integrado y convencional ($P < 0.05$), para el conjunto de los años. En la anualidad 2003, el cultivo ecológico presentó una disminución en N-total en fruto de 27,4%, en comparación con las disminuciones observadas en las anualidades 2004 y 2005, del 10,2% y 12,1% respectivamente respecto al tratamiento convencional.

Concluimos que la medida de la concentración de N total en los frutos de pimiento presenta una buena correspondencia con las características del manejo del cultivo y puede ser un buen indicador del exceso de abonado nitrogenado.

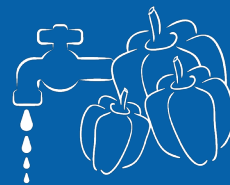
6.6. CONCLUSIONES RELATIVAS A LA PRODUCCIÓN DE PIMIENTO EN LOS TRATAMIENTOS ENSAYADOS.

Para las conclusiones relativas a la producción, se realiza el análisis estadístico de todas las campañas conjuntamente, desde 1999 a 2006 (campañas 1999-2000 a 2006-2007).

El ANOVA de la producción por tratamiento nos da una media de producción comercializable para los 8 años de ensayos de 78 938,40 kg/ha, con un mínimo de 34 730 y un máximo de 121 900 kg/ha; una media de producción de destrío de 7 803,30 kg/ha, con un mínimo de 620 y un máximo de 38 230 kg/ha; y de producción total de 86 623,30 kg/ha, con un mínimo de 38 930 y un máximo de 139 550 kg/ha.

Visto los datos del estadístico F, a una significación del 0,05, decidimos rechazar la hipótesis de igualdad de medias y concluimos que las poblaciones definidas por la variable N aportado no dan la misma producción. No obstante, como no sabemos si eso se produce en alguno de los ensayos de una manera puntual o en todos ellos de manera generalizada, como ocurría con la lixiviación de nitratos, para ver en qué difieren se realiza la prueba post hoc o de comparaciones múltiples. Comprobamos como hay pocas diferencias en la producción comercializable entre tratamientos, de manera que se puede considerar que sólo los datos de producción comercializable del T-C y el T-E difieren entre sí. Concluimos que no hay variaciones significativas de la producción comercializable para las dosis de abonado mineral nitrogenado aplicadas, salvo el caso del cultivo convencional y el ecológico y con un nivel de significación bajo y con una producción comercializable mayor en el T-E que en el T-C.

El test HSD de Tukey daba para la producción total 4 subconjuntos homogéneos, por un lado y por este orden de producción total decreciente estarían T-C (cultivo convencional, con 30 gN/m²), T-4 (45 gN/m²) y T-3 (30 gN/m²), es decir, los tratamientos con más abonado mineral nitrogenado, y a cierta distancia de ellos pero dentro del mismo subconjunto homogéneo T-1 (0 gN/m²) y T-2 (15 gN/m²). Por otro lado estarían los tratamientos con 13 y 15 g N mineral/m², que son los tratamientos del ensayo de Buprofezín y el T-I (cultivo integrado, con unos 15 gN/m²), y por otro lado el tratamiento ecológico (T-E), que forma parte únicamente del subconjunto homogéneo 4 y que con 0 gN/m² es el que mejores resultados de producción total ha dado difiriendo significativamente de todos los demás. Es decir, se concluye cómo la producción es inversamente proporcional a la cantidad de N aportado, dentro del



hecho de que muchos de los tratamientos no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Dado que el principal objetivo de nuestra tesis es conocer con qué dosis de abonado mineral nitrogenado obtenemos mayor producción comercial y además menor lixiviación de nitratos en el cultivo de pimiento de invernadero, comprobamos que los mejores resultados se obtienen en el tratamiento ecológico T-E (0 g N mineral/m²), con una media de más de 100 000 kg/ha, seguido de los tratamientos con Buprofezín (13 gN/m²) y el tratamiento integrado T-I (aproximadamente 15 gN/m²), alrededor de los 90 000 kg/ha. Con una producción cercana a los 80 000 kg/ha estarían T-1 (0 gN/m²) y T-2 (15 gN/m²), ya que se aportó un abonado orgánico superior al T-I (4 kg estiércol/m²) que al T-2 (1,5 kg estiércol/m²). Por último, estarían los tratamientos T-C (cultivo convencional, con unos 30 gN mineral /m²), T-3 (30 gN/m²) y T-4 (45 gN/m²), que se mueven en una producción comercializable media por encima de los 60 000 kg/ha.

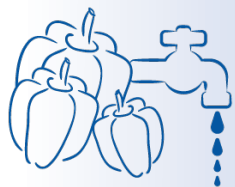
Concluimos, pues, como con dosis de abonado mineral nitrogenado pequeñas y moderadas, para las cantidades de estiércol aportadas, se obtiene una mayor producción y en cambio, en las condiciones de los ensayos, la producción ha sido menor en los cultivos más intensamente abonados con nitrógeno mineral. Por lo tanto el exceso de abonado mineral nitrogenado no solo se lixivia y podría dar lugar posteriormente a una contaminación difusa sino que además da lugar a una menor producción.

Realizado el análisis de regresión múltiple de tres variables: producción comercializable, lixiviación de nitratos y tratamiento ensayado, observamos como la variable producción comercializable y lixiviación de nitratos correlacionan negativamente, lo que significa que los tratamientos más abonados con N y que dan una mayor lixiviación de nitratos, dan también una menor producción, verificando la hipótesis de partida de que no por abonar con más N se obtendrán mayores cosechas.

Hemos obtenido la siguiente ecuación de regresión que relaciona la producción comercializable con la lixiviación de nitratos y los tratamientos, que es la ecuación que define el pronóstico de la producción comercializable: $\text{Producción comercializable} = 7.760,9 - 7,36 \text{ lixiv_nitratos} + 204,95 \text{ tto.}$ Concluimos con esta ecuación que para las condiciones de los ensayos existe una relación lineal negativa entre la producción comercializable de pimientos y la lixiviación de nitratos.

El diagrama de dispersión de la producción comercializable en función de la lixiviación de nitratos nos permite observar como la tendencia es que a menos lixiviación de nitratos, más producción comercializable. El diagrama de dispersión de la producción comercializable en función del tratamiento aplicado nos permite observar como la tendencia es que hay un punto óptimo de aplicación de abonado mineral nitrogenado para el cual se obtiene más producción comercializable, de manera que tanto si se sobrefertiliza con N como si la dosis aplicada es insuficiente, la producción se resiente.

La matriz de correlaciones, es decir, los coeficientes de correlación de Pearson entre cada par de variables, nos dice como hay una correlación muy fuerte entre la producción comercializable y total (94,9%), así como entre el volumen lixiviado y el volumen de riego (74,4%). Se observa también como existe una correlación negativa entre producción (comercializable y total) y N lixiviado (-31,8% y -26,0% respectivamente), dato este muy importante que viene a corroborar cómo cuanto mayor es el N lixiviado (N aportado por lo tanto) menor es la producción esperada, en el contexto de los ensayos. Hay también una correlación positiva, aunque más débil, entre el volumen lixiviado y el volumen de solarización, con la cantidad de N lixiviado.



Concluimos que el aumento de la dosis de fertilizantes minerales estimuló el crecimiento vegetativo en detrimento de la producción de frutos. De los tres tratamientos, el ecológico fue en el que se obtuvo un mayor peso medio de pimiento y un mayor número de frutos, siendo por tanto el más productivo. De este modo, concluimos que el T-E resulta más ventajoso desde el punto de vista de la productividad del cultivo, por requerir una menor fertilización y por tanto presentar un menor coste de producción por este concepto. Pero la ventaja más importante sería la menor incidencia medioambiental sobre las aguas subterráneas del T-E, precisamente por esa misma razón.

Los resultados muestran, que hay un margen importante para la reducción de las cantidades de N sin repercusiones significativas sobre la producción.

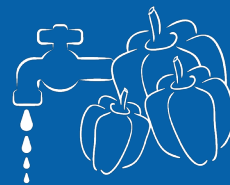
6.7. CONCLUSIONES RELATIVAS A LA RECOMENDACIÓN DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA.

Según el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia (C.B.P.A.), en las condiciones de producción, estercolado, suelos y agua de riego de nuestros ensayos, la cantidad adecuada media a aportar en nuestro cultivo de pimiento de invernadero sería de 77,76 kgN/ha, es decir 7,78 g/m².

En nuestros ensayos hemos aplicado dosis aproximadas de 0 g/m² en el T-1 y T-E, 15 g/m² en el T-2 y T-I, de 30 g/m² en el T-3 y T-C y de 45 en el T-4 y en la anualidad 2002 se realizaron los cálculos del C.B.P.A. y se aplicó una dosis de 13 g/m² de N mineral a todos los tratamientos, con un buen resultado en la producción. Estos datos corroboran como el C.B.P.A. es un buen indicador de la dosis de abonado mineral nitrogenado a aportar en el cultivo de pimiento de invernadero (y por extensión probablemente a los otros cultivos), si bien la cantidad de N mineral que nos recomienda debemos aportar en nuestras condiciones (7,78 gN/m²), debe tomarse como un valor máximo, ya que nosotros hemos obtenido unos datos de producción que no varía entre tratamientos para dosis de N mineral desde 0 gN/m².

Según la Orden de 16 de junio de 2016, de la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente (B.O.R.M. de 18 de junio de 2016), referida a los programas de actuación en las zonas vulnerables (Campo de Cartagena, de la Vega Alta y Media del Segura y del Alto Guadalentín y Puentes), en las condiciones de producción, estercolado, suelos y agua de riego de nuestros ensayos, la cantidad adecuada media a aportar para las dosis de N recomendadas en el cultivo de pimiento de invernadero sería, tomando el valor mínimo de las horquillas, de 109,43 kgN/ha, es decir 10,94 g/m², una cantidad de abonado nitrogenado superior en un 40% al establecido en el C.B.P.A. que, a nuestro juicio, puede llevar a una sobrefertilización nitrogenada, que en buena parte acabaría lixiviándose.

En relación con el C.B.P.A., la fórmula de cálculo ha mejorado en el sentido que considera la fracción de N mineral inorgánico soluble al inicio del cultivo; pero por otro lado hay varios aspectos en los que empeora respecto de la lixiviación de nitratos. Así, infravalora la cantidad de N procedente de la mineralización de la m.o. del suelo respecto al C.B.P.A., al considerar únicamente la superficie de suelo humectada, minorando en horticolas de invernadero al 0,25-0,5 y por otro lado, la horquilla que se



ofrece respecto de las dosis máximas de N es muy amplia (un coeficiente de extracción entre 3 y 4,5 en pimiento de invernadero), lo que deja un amplio margen para abonar a agricultores y técnicos que puede llevarles a sobrefertilizar.

Se revisan en esta tesis las fórmulas de cálculo vigentes para el cálculo de la dosis de abonado mineral en el cultivo de pimiento, la del C.B.P.A. de la Región de Murcia (B.O.R.M. 12 de diciembre de 2003), de obligado cumplimiento para todos aquellos que reciban ayudas agroambientales fuera de las zonas vulnerables y recomendadas para los demás agricultores y la de la Orden de 16 de junio de 2016, de obligado cumplimiento para todos aquellos que cultiven en las zonas vulnerables. La revisión de estas fórmulas se ha considerado por varias causas: los resultados derivados de las mismas, que dan lugar a una sobrefertilización nitrogenada; la amplia horquilla de valores que ambas fórmulas permiten; la necesidad de integrar en una sola fórmula las bondades de ambas y por último la necesidad de ofrecer al agricultor fórmulas más precisas, que no den lugar a ambigüedades de interpretación, como ocurre en el caso del N mineral inorgánico soluble al inicio del cultivo.

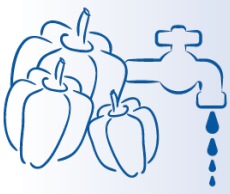
Con los cálculos que proponemos resultaría:

$$\begin{aligned} \text{N mineral} &= \text{Dosis N (249,53 kgN/ha)} - \text{N inorgánico suelo (26,34 kgN/ha)} - \text{N mineralización m.o.} \\ &\text{suelo (52,50 kgN/ha)} - \text{N enmiendas (156,30 kgN/ha)} - \text{N agua riego (0,1157 kgN/ha)} = \\ &249,53 - 235,25 = 14,28 \text{ kgN/ha} = 1,43 \text{ g/m}^2. \end{aligned}$$

Según los datos de esta fórmula corregida, se necesitaría aplicar una cantidad muy pequeña de abonado mineral nitrogenado al suelo (14,28 kg/ha), en las condiciones de nuestros ensayos (materia orgánica aplicada y N mineral en suelos y agua de riego) y para una producción total obtenida de 8,66 g/m², lo que está en consonancia con los resultados obtenidos en los ensayos, donde tanto el tratamiento ecológico (T-E) como el T-1, sin aportación de abonado mineral nitrogenado, no han dado mermas en la producción comercial de pimientos.

6.8. CONCLUSIONES RELATIVAS AL AHORRO EN EL CONSUMO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS.

Según las encuestas a agricultores de A.M.O.P.A. (2006), la aplicación media de abonado mineral nitrogenado en el cultivo de pimiento en la Región de Murcia es de 776,20 kg/ha (77,62 g/m²), todo esto para una aplicación de estiércol de fondo de 3 kg/ha y una producción media de 105 000 – 110 000 kg/ha. En nuestros ensayos se han aplicado dosis de abonado mineral en el T-3 en el entorno de 260,5 kg/ha de N (26,05 g/m²) y en el T-4 (al que más abonado mineral se le aportó) de 45 gN/m², esto para un estercolado como abonado de fondo de 1,5 a 4 kg/m². Estos datos indican como las hipótesis de partida (con dosis de abonado mineral nitrogenado entre 0 y 45 g/m² y estercolado entre 1,5 y 4 kg/m²) para una producción media cercana a los 90 000 kg/ha están por debajo de los valores ofrecidos por el estudio de A.M.O.P.A. a nivel regional, como aplicaciones medias de los agricultores en este cultivo, siendo superiores a las dosis más altas ensayadas. Estableciendo una proporcionalidad, para una producción



de 90 000 kg/ha, el agricultor aplicaría según A.M.O.P.A. un estercolado de 2,5 kg/m² y una dosis de abonado mineral nitrogenado de 60 gN/m², muy superior a las ensayadas, lo que da una idea de la relevancia e importancia de nuestro estudio.

Si extrapolamos los datos de las encuestas a agricultores de A.M.O.P.A. (2006) a nuestros ensayos, para una producción total (media de todas nuestras anualidades y para todos los tratamientos ensayados) de 83 180 kg/ha, la cantidad de N mineral a aplicar para 3 kg estiércol /m² (cantidad media cercana a la aplicada a lo largo de los ensayos, de 3,31 kg/m²), resultaría entre 586,94 y 614,89 kg/ha (58,69 y 61,49 gN/m²), cantidad esta a todas luces excesiva según los datos medidos en esta tesis, donde ya dosis de 45 gN/m² han resultado altas y han dado niveles de lixiviación de nitratos intolerables, de hasta 398,43 kg/ha, es decir hasta el 88% del N aportado en el caso más extremo.

En cuanto al consumo de fertilizantes, en este cultivo se evalúan en un 8,5% de los costes totales de producción y un 10,5% de los costes variables del ciclo productivo, para el total de las explotaciones de la Región, y esto sin tener en cuenta los gastos de aplicación, únicamente el coste de materias primas (AMOPA, 2000). Concluimos que una reducción en las dosis de estos insumos, siempre que se mantenga la calidad y cantidad de las cosechas, podría suponer un ahorro anual en torno a 780 €/ha, lo que supondría en torno a 1.700.000 euros sólo a nivel de la Región de Murcia y sólo a efectos de materias primas.

6.9. RESUMEN DE LAS CONCLUSIONES.

Las conclusiones finales a las que se ha llegado después de realizar los ensayos de esta tesis y analizar los resultados obtenidos son resumidamente las siguientes:

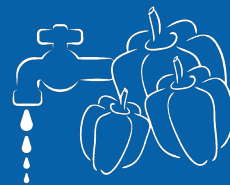
1. El efecto debido a la acción de evaporación del viento sobredimensiona la evaporación real en el interior del invernadero y por ello el riego y el lixiviado son mayores si se toman datos de cubetas evaporimétricas al aire libre.

2. Es posible realizar un mejor riego (más ajustado a las necesidades del cultivo) en los cultivos bajo invernadero tomando los datos de la Epan en el interior del invernadero, con un ahorro en el entorno del 15-20% de riego.

3. En nuestros ensayos el efecto de los nitratos lixiviados no se puede atribuir a un exceso de riego. Un porcentaje de agua drenada entre el 15 y el 20% puede considerarse normal para este tipo de suelos y condiciones de cultivo, si el riego se ha realizado adecuadamente.

4. La lixiviación de nitratos está en relación directa con el nitrógeno aportado, pero también con el volumen de agua aplicada.

5. La concentración acumulada de nitratos en el agua de drenaje es muy superior en el cultivo convencional, llegando a 350 ppm, que en el integrado, llegando a 220 ppm, y en este muy superior al cultivo ecológico, donde apenas si alcanza las 150 ppm.



6. Al inicio del cultivo, la lixiviación en los sistemas de cultivo ensayados es prácticamente la misma debido a la aportación del abonado orgánico, y además el volumen de riego es muy inferior al de períodos posteriores, en los que la lixiviación aumenta.

7. Se produce una disminución de los nitratos en el suelo al final del ciclo en relación con el comienzo del mismo, como consecuencia lógica de las extracciones realizadas por el cultivo.

8. El contenido de NO_3^- a 25 cm de profundidad es mayor en el cultivo convencional porque la mayor parte del nitrógeno es aportado como nitratos en el gotero, por lo que la planta lo tendrá a su disposición en altas concentraciones.

9. Las sondas a 50 cm, fuera del alcance de las raíces, son un buen indicador de que se está realizando una sobrefertilización con abonado nitrogenado, a partir de concentraciones superiores a 100 ppm de NO_3^- .

10. El ión NO_3^- está estrechamente vinculado a las dosis de agua aplicadas, y a partir de una cierta dosis de riego, el resto va a percolación profunda. Lo mismo se puede decir de los iones Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ y Na^+ .

11. Sólo a partir de ciertas dosis de nitratos ($\text{T-3} = 30 \text{ gN/m}^2$, $\text{T-4} = 45 \text{ gN/m}^2$) la lixiviación es alta, aún con menos dosis de riego y, en cambio, si la dosis de nitrógeno aportada es baja ($\text{T-2} = 15 \text{ gN/m}^2$), aún en el supuesto de un riego excedentario, la lixiviación de nitratos se mantendrá en unos límites tolerables para el medio ambiente.

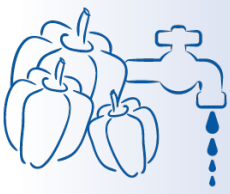
12. Los sistemas estudiados vierten al exterior cantidades considerables de nitratos, que varían entre el 10,94% y el 12,12% del nitrógeno aportado, yendo desde los 7,169 g/m^2 de pérdidas para el T-1 (0 gN/ha) a los 25,863 g/m^2 de media del T-4 (45 gN/ha). Incluso el tratamiento sin abonado mineral nitrogenado (T-1) da lugar a lixiviado de nitratos.

13. La cantidad de nitratos lixiviados es mucho mayor en el cultivo convencional, donde llega a 350 kg/ha , que en el integrado, con un máximo de 240 kg/ha , y el ecológico, con un máximo de 180 kg/ha . Esto indica que hay una sobrefertilización muy clara en el cultivo convencional de este elemento y unas pérdidas considerables de nitratos en el cultivo ecológico e integrado.

14. La materia orgánica incorporada al suelo como parte de la preparación del terreno y la biofumigación (2+2 kg/m^2 de estiércol), fue la responsable de gran parte de la lixiviación de nitratos, sobre todo en las primeras fases del cultivo, como consecuencia, sin duda, de la solarización (biofumigación).

15. El tratamiento ecológico ha resultado ser el que menor riesgo medioambiental puede suponer para las aguas subterráneas, en cuanto a la probabilidad de contaminación por nitratos se refiere.

16. Las poblaciones definidas por la variable “nitrato aportado” no dan la misma lixiviación de N según el tratamiento aplicado. Todos los promedios comparados difieren significativamente: T-4 (45 gN/



m²) y T-C (cultivo convencional) difieren significativamente de T-1 (0 gN/m²), T-2 (15 gN/m²), T-3 (30 gN/m²), T-I (cultivo integrado) y T-E (cultivo ecológico).

17. La metodología de discriminación isotópica es válida para detectar la adición fraudulenta de abonos nitrogenados de síntesis en cultivos considerados ecológicos.

18. La medida de la concentración de N total en los frutos de pimiento presenta una buena correspondencia con las características del manejo del cultivo y puede ser un buen indicador del exceso de abonado nitrogenado.

19. No hay variaciones significativas de la producción comercializable para las dosis de abonado mineral nitrogenado aplicadas, salvo el caso del cultivo convencional y el ecológico y con un nivel de significación bajo y con una producción comercializable mayor en el T-E que en el T-C.

20. La producción es inversamente proporcional a la cantidad de N aportado, dentro del hecho de que muchos de los tratamientos no presentan diferencias estadísticamente significativas.

21. Con dosis de abonado mineral nitrogenado pequeñas y moderadas, para las cantidades de estiércol aportadas, se obtiene una mayor producción y en cambio, la producción ha sido menor en los cultivos más intensamente abonados con nitrógeno mineral. El exceso de abonado mineral nitrogenado no solo se lixivia y podría dar lugar posteriormente a una contaminación difusa sino que además da lugar a una menor producción.

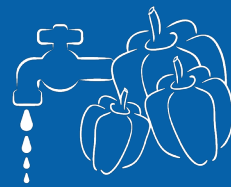
22. Con la ecuación de regresión se comprueba que para las condiciones de los ensayos existe una relación lineal negativa entre la producción comercializable de pimientos y la lixiviación de nitratos.

23. El aumento de la dosis de fertilizantes minerales estimuló el crecimiento vegetativo en detrimento de la producción de frutos.

24. Los resultados sugieren que el suelo tendría suficiente capacidad de suministro con el estercolado anual que se le suele aportar en la Comarca (en torno a 5 kg/m² de estiércol bien fermentado) y la elevada capacidad de adaptación de las plantas de pimiento a condiciones adversas de falta de nitrógeno, siendo capaces de traslocar la mayor parte del nitrógeno disponible a los frutos en detrimento del resto de los órganos vegetativos.

25. Los resultados obtenidos indican que las dosis de abonado mineral nitrogenado utilizadas en la Comarca, en su mayoría, superan las cantidades de abono nitrogenado necesarias para obtener una cosecha normal, y que su incremento, además de elevar los costes de cultivo afecta a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

26. El C.B.P.A. de la Región de Murcia y la orden de 16 de junio de 2016, de la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente serían buenos indicadores de la dosis de abonado mineral nitrogenado a aportar en el cultivo de pimiento de invernadero, si la cantidad de N mineral que nos recomiendan se toma como un valor máximo a aportar y tomando los menores valores de las horquillas que nos ofrecen



las fórmulas del balance de nitrógeno. En caso contrario, los resultados derivados del cálculo dan lugar a una sobrefertilización nitrogenada debido a la amplia horquilla de valores que ambas fórmulas permiten.

27. Una reducción en las dosis de abonado mineral nitrogenado, siempre que se mantenga la calidad y cantidad de las cosechas, podría suponer un ahorro anual en torno a 780 €/ha, lo que podría suponer un ahorro en el entorno de 1 700 000 euros sólo a nivel de la Región de Murcia y sólo a efectos de materias primas.

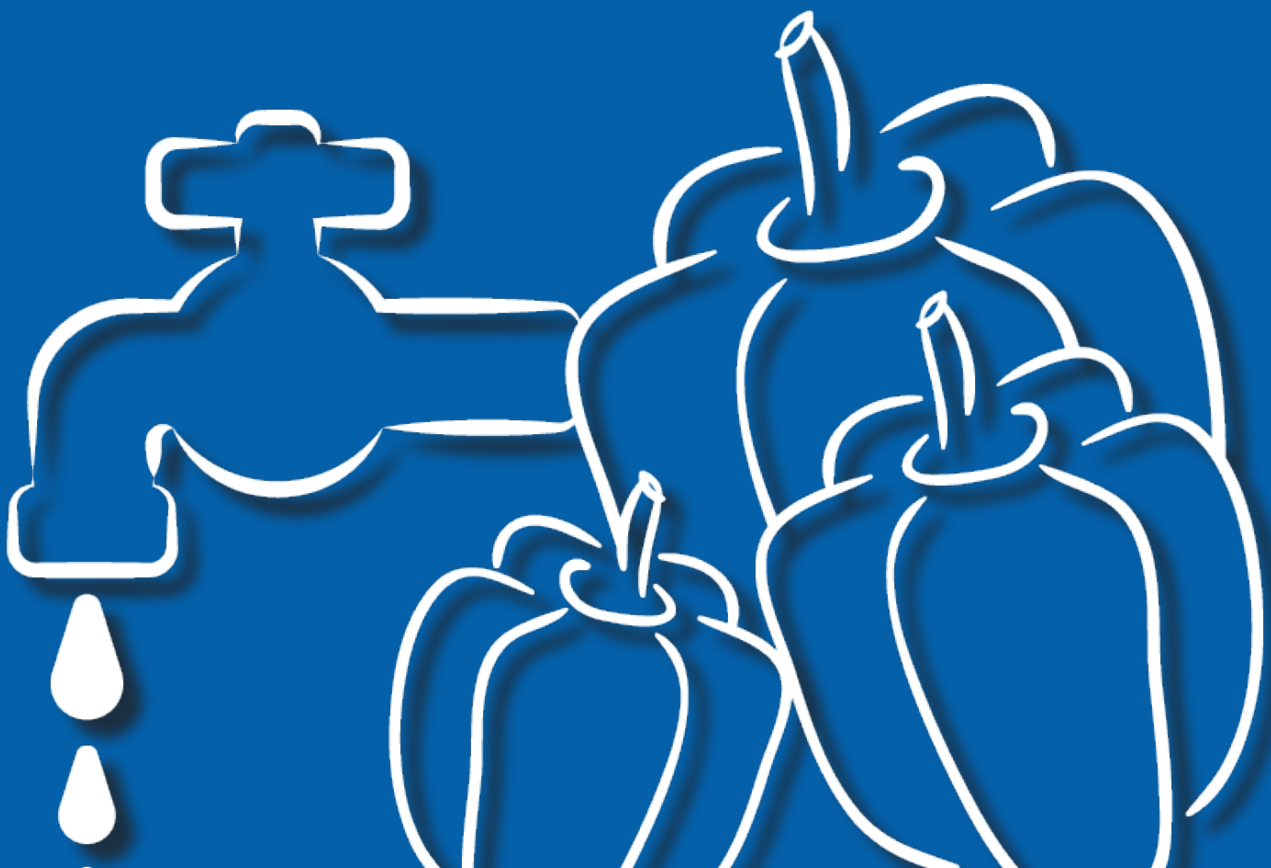
28. Hay que desechar la idea de que a mayores dosis de fertilizantes nitrogenados se conseguirán mejores cosechas en el pimiento grueso bajo invernadero, ya que además de suponer un gasto innecesario contamina el medio ambiente tanto en el proceso de fabricación como tras su aplicación.

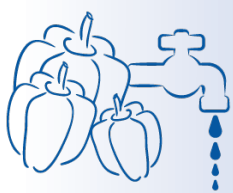
29. La aplicación práctica más inmediata al sector es que se constata cómo en la Comarca del Campo de Cartagena se está abonando el cultivo de pimiento bajo invernadero con un exceso de nitrógeno mineral, ya que las dosis más habituales superan los 30 g N/m².

30. El sistema de producción de pimiento de invernadero de Murcia, si se aplican las dosis de abonado mineral nitrogenado que reflejan las encuestas de AMPORA y el Ministerio de Agricultura, podría estar asociado a una apreciable contaminación por nitratos en los acuíferos subyacentes, por lo que en consecuencia, es necesario implementar prácticas que reduzcan la lixiviación de nitratos.

31. Existe un considerable potencial para el desarrollo y uso de sistemas de manejo mejorado de cultivos, que permitirán reducir el aporte de agua y N, obteniendo una gran reducción en la contaminación de acuíferos por NO₃⁻, procedentes de este sistema hortícola.

Bibliografía





ADISCOTT, T.M. 1995. Modelling the fate of crop nutrients in the environment: problems of scale and complexity. *Eur. J. Agron.* 4(4): 413-417.

ADROVER, M., VERA, J., SÁNCHEZ, A., MAYOL, B., ROSELLÓ, J. y VADELL, J. 2012. Fertilización nitrogenada en el cultivo de la patata y contaminación de las aguas subterráneas. (Comunicación personal de Bartolomé Mayol Colom).

AGROINFORMACIÓN. 2012. www.agroinformacion.com El cultivo del pimiento.

ALARCÓN MARTÍNEZ, C., AVELLÁ REUS, L., SEGURA ARTERO, P. y BERNABÉ PÉREZ, P. 1996. Aportes de nitrógeno en la agricultura murciana. Comunicación personal de datos del CEBAS-CSIC.

ALARCÓN, A.L., MADRID, R., EGEA, C. y RINCÓN, L. 1997. Respuesta del melón Galia (cv. Revigal) sobre lana de roca, a diferentes aguas de riego y zonas de cultivo. *Actas de Horticultura* 16, 91.

ALARCÓN, A.L. y EGEA, C. 2004. Seguimiento y control de la fertilización nitrogenada mediante el producto inhibidor de la nitrificación 3,4-dimetilpirazolfosfato, en cultivo de melón tipo verde. *Agrochimica*, Vol. XLVIII, N. 1-2. Gennaio-Aprile 2004.

ALBACETE, M., SOLIS, L., QUINTANA, J.L., GIL, F. GOMEZ-PLAZA, A., GOMEZ-CUEVAS, A. y SANCHEZ-MERLOS, M. (2001). Bases para una gestión sostenible de las aguas subterráneas del Campo de Cartagena. *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, XXIII, 13-24.

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D. and SMITH, M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage*. Paper 56.

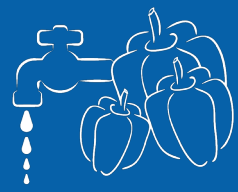
ASOCIACIÓN MURCIANA DE ORGANIZACIONES DE PRODUCTOS AGRARIOS (AMOPA). 2000. Estudio general de la estructura y balance agronómico y económico de las explotaciones agrícolas de la Región de Murcia. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia, 597 p. Murcia.

ASOCIACIÓN MURCIANA DE ORGANIZACIONES DE PRODUCTOS AGRARIOS (AMOPA). 2006. Estudio técnico-económico de los procesos de producción agrícola y de transformación (manipulación y confección) de las principales orientaciones hortofrutícolas de la Región de Murcia. Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia.

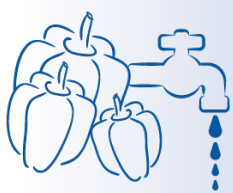
ANUARIO DE ESTADISTICA AGROALIMENTARIA. 2003. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Subdirección general de Estadística.

ANUARIO ESTADÍSTICO DE LA REGIÓN DE MURCIA. 2005. Consejería de Hacienda y Administración Pública de la Región de Murcia. Centro Regional de Estadística de Murcia.

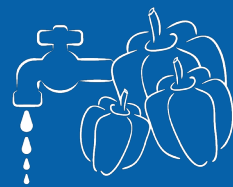
ANUARIO ESTADÍSTICO DE LA REGIÓN DE MURCIA. 2013. Consejería de Hacienda y Administración Pública de la Región de Murcia. Centro Regional de Estadística de Murcia.



- ANZA, MIKEL y RIGA, PATRICK. 2007. La fertilización nitrogenada afecta a la floración del pimiento. XI Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Albacete. Actas de Horticultura, nº 48, 604-607.
- ARAUZO, M., DÍEZ, J.A. y HERNÁIZ, P. 2003. Estimación de balances hídricos y lixiviación de nitratos en sistemas agrícolas. Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VI.
- ARCE, A., LÓPEZ, L.M., VALLEJO, A. y GONZÁLEZ, C., 1993. Influencia de la fertilización nitrogenada en el contenido de nitratos en un cultivo de zanahorias. En: Acta IX del Congreso Nacional de Química. Química Agrícola y Alimentaria. 3, 205-212.
- ARTÉS-HERNÁNDEZ, F., CONESA, A and ARTÉS, F., 2005. *Minimally fresh processed pepper under different kind of cuts*. In: 9th International Controlled Atmosphere Research, Conference, Michigan, USA, Poster 7.
- BÁEZ, E., PINTO, M., ESTAVILLO, J.M. y RODRÍGUEZ, M. 1998. Utilización de cultivos cobrera para minimizar la lixiviación de nitratos en rotaciones de maíz. Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. Valencia 1998. AIH-GE
- BAGHOUR, M., RUIZ, J.M. and ROMERO, L. 2000. Metabolism and efficiency in nitrogen utilization during senescence in pepper plants: Response to nitrogenous fertilization. J. Plant Nutr. 23, 91-101.
- BARNEIX, A.J. and CAUSIN, H.F. 1996. The central role of amino acids on nitrogen utilization and plant growth. J. Plant Physiol. 149, 358-362.
- BARTAL, A., ALONI, B., KARNI, L., OSEROVITZ, J., ASAN, A., ITACH, M., GANTZ, S., AVIDAN, A., POLASKI, N., TRATKOVSKY, N. and ROSENBERG, R. 2001. Nitrogen nutrition of greenhouse pepper. I. Effects of nitrogen concentration and $\text{NO}_3\text{:NH}_4$ ratio on yield, fruit shape, and the incidence of blossom-end rot in relation to plant mineral composition. Hortscience 36(7): 1244-1251.
- BATEMAN, A.S., S.D. KELLY, and M. WOOLFE. 2007. Nitrogen Isotope Composition of Organically and Conventionally Grown Crops. J. Agric. Food Chem. 55: 2664-2670.
- BIELZA, P., GUERRERO, M.M., TORRÓ, F., ALCÁZAR, A. y LACASA, A. 2000. Presencia del melazo gris *Pseudococcus affinis* Maskell 1894 en los cultivos de pimiento en invernadero. Agrícola Vergel. 220: 241-247.
- BOCHEREAU, LAURENT. 2005. Programas europeos de investigación sobre sistemas de producción vegetal. Situación actual y perspectivas para el Séptimo Programa Marco (2007-2013). GLIP dissemination event – Madrid 2005.
- BOESTEN, J.J.T.I. 1991. Sensitivity analysis of a mathematical model for pesticide. Leaching to groundwater. Pestic. Sci. 31: 375-388.



- BOHN, H, ME NEAL B. y O'CONNOR, G. 1993. Química del suelo. Editorial Limusa. Méjico.
- BOIXADERA, J. y CORTÉS, A. 2000. Nitratos, agua y agricultura, un problema moderno de utilización del suelo. Horticultura. 44-46.
- BOWEN, P. y FREY, B. 2002. Response of plasticultured bell pepper to staking, irrigation frequency, and fertigated nitrogen rate. Hortscience 37(1): 95-100.
- BUCKMAN, H. y BRADY, N. 1997. En: Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial Montaner y Simon. S.A. Barcelona. 590p.
- CADAHIA, C. 1989. Criterios para la aplicación de fertilizantes en riego localizado. Fertilización 100:3-15.
- CÁNOVAS CUENCA, J. y NAVARRO SÁNCHEZ, J. 1999. Estudio de la lixiviación de nitratos en un cultivo de pimiento bajo invernadero para prevenir la contaminación de las aguas subterráneas. Catálogo de proyectos de investigación Agraria. MAPA (INIA) 238.
- CÁNOVAS, J., MOLINA, E., NAVARRO, J., GOMEZ, M.C., ALCARAZ, N. 2002 a. Efecto de diferentes cantidades de abono nitrogenado en la producción de pimiento de invernadero. Revista Fecoam. Volumen 37, pag 31-34.
- CÁNOVAS, J., MOLINA, E., VICENTE, V., ALCARAZ, N., GOMEZ, M.C., ANGOSTO, P. y NAVARRO, J. 2002 b. Influencia del abonado nitrogenado en un cultivo de pimiento bajo invernadero sobre la producción y la contaminación por nitratos. Revista Agrícola Vergel. Volumen XXI, 245, pag 292-301.
- CÁNOVAS CUENCA, J., MOLINA, E., VICENTE, V., ALCARAZ, N. GOMEZ, M.C. y NAVARRO, J. 2002 c. Fertilización nitrogenada en pimiento bajo invernadero. Revista Agricultura. Volumen 843, pag 596-600.
- CÁNOVAS, J., MOLINA, E., NAVARRO, J., ALCARAZ, N., GOMEZ, M.C., ANGOSTO, P. y VICENTE, V. 2002. Contaminación por nitratos en un cultivo de pimiento grueso bajo invernadero. Revista Horticultura. Volumen XX, nº 8, pag 17-29.
- CARPINTERO, J.M., DOLTRA, J., BERBEGALL, F. y RAMOS, C. 2007. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la lixiviación de nitrato y la producción en el cultivo de alcachofa. XI Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Albacete. Actas de Horticultura, nº 48, 588-591.
- CASTILLO MARTÍN, A., MARTÍNEZ CARMONA, N. y PULIDO BOSCH, A. 1995. Cuantificación del nitrógeno aportado por fertilizantes al acuífero de la Vega de Granada. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, XX: 467-479.
- CAYUELA SÁNCHEZ, J.A. 1996. Tesis doctoral "Movimiento de agua y lixiviación de nitratos en un suelo bajo monocultivo de maíz". Córdoba.



CENTRO REGIONAL DE ESTADISTICA DE MURCIA. 2013. Estadística Agraria Regional 2013. Consejería de Economía y Hacienda.

COMLY, H.H. 1945. Cyanosis in infants caused by nitrates in well water. J. Amer. Med. As. 129, 112-116.

COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LA REGIÓN DE MURCIA. Fuente: <http://www.carm.es/econet>

CONACHER, J. Y CONACHER, A. 1998. Organic farming and the environment, with particular reference to Australia: a review. Biol. Agric. Hort. 16, 145-171.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA. 1997. Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura.

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, AGRICULTURA y AGUA. REGIÓN DE MURCIA, 1998. Orden de 31 de marzo de 1998 por la que se aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia.

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, AGUA Y MEDIO AMBIENTE. REGIÓN DE MURCIA, (B.O.R.M. nº 286 de 12 de diciembre de 2003). Orden de 3 de diciembre de 2003, por la que se aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia.

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, AGRICULTURA y AGUA. REGIÓN DE MURCIA, 1999. Normativa Reguladora de Producción Integrada. Programa de Innovación Tecnológica. C.MA.A.A. p.50-54.

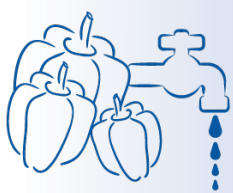
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, AGRICULTURA y AGUA. REGIÓN DE MURCIA, (B.O.R.M. de 9 de mayo de 2002). Orden de 24 de abril de 2002 por la que se aprueban las normas de Producción Integrada de determinados cultivos en la Región de Murcia.

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, AGUA Y MEDIO AMBIENTE. REGIÓN DE MURCIA, (B.O.R.M. de 31 de diciembre de 2001). Orden de 20 de diciembre de 2001, por la que se designa Zona Vulnerable a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (área regable oriental del Trasvase Tajo-Segura y zona litoral del Campo de Cartagena).

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, AGUA Y MEDIO AMBIENTE. REGIÓN DE MURCIA, (B.O.R.M. de 31 de diciembre de 2003). Orden de 12 de diciembre de 2003, por la que se establece el Programa de Actuación de la Zona Vulnerable correspondiente a los acuíferos Cuaternario y Plioceno en el área definida por Zona Regable oriental del Trasvase Tajo-Segura y el sector Litoral del Mar Menor.

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, AGUA Y MEDIO AMBIENTE. REGIÓN DE MURCIA, (B.O.R.M. de 12 de diciembre de 2003). Orden de 3 de diciembre de 2003, por la que se aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia.

CONSEJERÍA AGRICULTURA, AGUA Y MEDIO AMBIENTE. REGIÓN DE MURCIA, (B.O.R.M. de 5 de enero de 2004). Orden de 22 de diciembre de 2003, por la que se designa Zona Vulnerable a la



contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (Vega Alta y Media del Río Segura).

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y AGUA (B.O.R.M. 7-12-05) Orden de 18 de noviembre de 2005. Normas de condicionalidad.

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y AGUA. REGIÓN DE MURCIA, (B.O.R.M. de 10 de marzo de 2009). Orden de 3 de marzo de 2009, por la que se establece el Programa de Actuación de la Zona Vulnerable correspondiente a los acuíferos de las Vegas Alta y Media de la Cuenca del río Segura.

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y AGUA. REGIÓN DE MURCIA, (B.O.R.M. de 10 de marzo de 2009). Orden de 3 de marzo de 2009, por la que se establece el Programa de Actuación de la Zona Vulnerable correspondiente a los acuíferos del Cuaternario y Plioceno en el área definida por la zona regable oriental del Trasvase Tajo-Segura y el Sector Litoral del Mar Menor.

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y AGUA. REGIÓN DE MURCIA, (B.O.R.M. de 3 de julio de 2009). Orden de 26 de junio de 2009, por la que se designa Zona Vulnerable a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (Valle del Guadalentín).

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y AGUA. REGIÓN DE MURCIA, (B.O.R.M. de 10 de marzo de 2009). Orden de 3 de marzo de 2009, por la que se establece el Programa de Actuación de la Zona Vulnerable correspondiente a los acuíferos Cuaternario y Plioceno en el área definida por Zona Regable oriental del Trasvase Tajo-Segura y el sector Litoral del Mar Menor.

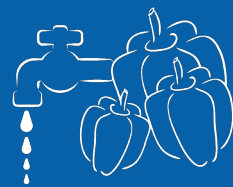
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y AGUA (B.O.R.M. 28-7-11) Orden de 21 de mayo de 2011 por la que se aprueban los criterios de Buenas Condiciones Agrarias y Medioambientales.

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y AGUA. REGIÓN DE MURCIA, (B.O.R.M. de 5 de agosto de 2011). Orden de 27 de junio de 2011, por la que se modifica la Orden de 19 de noviembre de 2008, por la que se establece el programa de actuación sobre la zona vulnerable correspondiente a los acuíferos de las Vegas Alta y Media de la cuenca del río Segura.

CONSEJERÍA DE AGUA, AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE. REGIÓN DE MURCIA, (B.O.R.M. de 18 de agosto de 2016). Orden de 16 de junio de 2016, por la que se modifican las Órdenes de 19 de noviembre de 2008, 3 de marzo de 2009 y 27 de junio de 2011, de la Consejería de Agricultura y Agua, por las que se establecen los programas de actuación sobre las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario en la Región de Murcia.

CONSEJO DE AGRICULTURA ECOLÓGICA DE LA REGIÓN DE MURCIA. <<http://www.caermurcia.org>.>

CONTRERAS, J. 1997. Aspectos de bioecología de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) y sus implicaciones parasitarias en el cultivo de pimiento en invernadero. Tesis doctoral. E.T.S.I.A., Universidad Politécnica de Valencia. 243 pp.



CONTRERAS, J., LACASA, A., SÁNCHEZ, J.A y LORCA, M. 1999. Período de máximos incrementos poblacionales de *Frankliniella occidentalis* (pergande) (Thysanoptera: Thripidae) en el cultivo de pimiento en invernadero de la Región de Murcia. VIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Murcia.301-305.

CONTRERAS, J.L., SEGURA, M.L. and CATALA J.J., 2006. Response of greenhouses peper erop to fertilizer levels and different qualities of irrigation water. *Acta Horticulturae* (700): 203-206.

CORONADO, M. 2004. Agricultura orgánica versus convencional. <[http://www.ciedperu.org / manuales/organico.htm](http://www.ciedperu.org/manuales/organico.htm).>

COSTA, J., PEREZ, J.J., GARCIA, M.D., CATALA, M.S., CENIS, J.L., LACASA, A., DÍEZ, M.J. y NUEZ, F. 1996. Primeros resultados de un programa de mejora de introducción de resistencia al TSWV en pimiento. *Actas de Horticultura*, 14: 322-328.

COUNCIL ON SCIENTIFIC AFFAIRS. 1988. Cancer risk of pesticides in agricultural workers. *JAMA- J. Am. Med. Assoc.* 260, 959-966.

DAGDELEN, N. et al. 2004. Effects of Water Stress at Different Growth Stages on Processing Pepper Yield Water Use and Quality Characteristics. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 7 (12): 2167-2172.

DEL AMOR, F.M., MARTÍNEZ, V. and CERDÁ, A. 2001. Salt tolerance of tomato plants as affected by stage of plant development. *Hortscience* 36 (7): 1260-1263.

DEL AMOR, F.M., ORTUÑO, G. NAVARRO, P., NAVARRO, J., CÁMARA, J.M., and APARICIO, P.M. 2007. Pattern of nitrogen stable isotope ratio in sweet pepper plants affected by the cultivation method. International Symposium "High Technology for Greenhouse System Management/Co-operation of Protected Cultivation and Grrenhose Engineering". October 4-6, 2007. Naples, Italy.

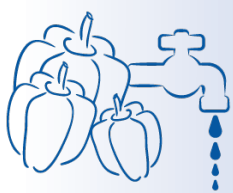
DEL AMOR, F.M., NAVARRO and J. APARICIO, P. M.. 2008. Isotopic discrimination as a tool for organic farming certification in sweet pepper. *Journal of Environmental Quality* 37: 182-185.

DELATE, K., FRIEDRICH, H. and LAWSON, V. 2003. Organic Pepper Production Systems Using Compost and Cover Crops. *Biol. Agric. Hortic.* 21, 131-150.

DEVITT, D., LETEY, J., LUND, L.J. and BLAIR, J.W. 1976. Nitrate-nitrogen movement through soil as affected by soil profile characteristics. *J. Envir. Qual.* 5(3): 283-288.

DIARIO OFICIAL DE LA COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA. Reglamento (CE) nº 73/2009 del Consejo de 19 de enero de 2009, por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa a los agricultores en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores y por el que se modifican los Reglamentos (CE) nº 1290/2005, (CE) nº 247/2006, (CE) nº 378/2007 y se deroga el Reglamento (CE) nº 1782/2003.

DIARIO OFICIAL DE LA COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA. Reglamento (CE) Nº 796/2004 de la comisión del 21 de abril de 2004 por el que se establecen disposiciones para la aplicación de la



condicionalidad, la modulación y el sistema de gestión y control previstos en el Reglamento (CE) nº 1782/2003 del Consejo, por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa, en el marco de la política agrícola común, y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores

DIARIO OFICIAL DE LA COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA. Reglamento (CEE) nº 2092/91 sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios.

DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA. Reglamento (CE) Nº 834/2007 del Consejo de 28 de junio de 2007, sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) Nº 2092/91.

DIARIO OFICIAL DE LA COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA. Directiva 75/440/CEE del Consejo, de 16 de junio de 1975, relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en los Estados miembros

DIARIO OFICIAL DE LA COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA. Directiva 76/116/CEE del Consejo, de 18 de diciembre de 1975, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre los abonos.

DIARIO OFICIAL DE LA COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA. Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas.

DIARIO OFICIAL DE LA COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA. Directiva 91/676/CEE del Consejo de 12 de diciembre de 1991 relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura.

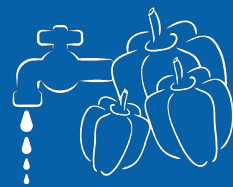
DÍEZ, J.A., CABALLERO, R., ROMÁN, R., TARQUIS, A., CARTAGENA, M.C. and VALLEJO, A. 2000. Integrated fertilizer and irrigation management to reduce nitrate leaching in Central Spain. *Journal of Environmental Quality*, nº 29, 1539-1547.

DINNES, D.L., KARLEN, D.L., JAYNES, D.B., KASPAR, T.C., HATFIELD, J.L., COLVIN, T.S. and CAMBARDELLA, C.A. 2002. Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained Midwestern soils. *Agron. J.* 94, 153-171.

DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO RURAL. CENTRO DE TRANSFERENCIA AGROALIMENTARIA. 2007. Pérdidas de nitrato en el drenaje de zonas regables y su impacto ambiental. *Informaciones técnicas*, número 18X.

DOMÍNGUEZ, P. y DOMÍNGUEZ, A. 1994. Nitratos en las hortalizas españolas. *Agrícola Vergel*, Mayo 1994: 147-150.

DOORENBOS J. y W.O. PRUITT. 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. *FAO Riego y Drenaje*, nº 24.



DRINKWATER, L.E., LETOURNEAU, D.K., WORKNEH, F., VAN BRUGGEN, A.H.C. and SHENNAN, C. 1995. Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California. *Ecol. Appl.* 5, 1098-1112.

EHLERINGER, J.R. and CERLING, T. E. 2002. Stable Isotopes. p 544–550. In John Wiley & Sons, Ltd, (Eds.) “Encyclopedia of Global Environmental Change”

EMMETT, B.A., REYNOLDS, B., STEVENS, P.A., NORRIS, D.A., HUGHES, S., GARRES, J. and LUBRECHT, I. 1993. Nitrate leaching from afforested welsh catchmentes-Interactions between satand age and nitrogen deposition. *AMBIO* 22(6): 386-394.

ESPARZA CATALÁN, CELIA. 2010. Introducción al programa SPSS 13.0. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Laboratorio de Estadística.

ESTEVE SELMA, M.A. 2003. Implicaciones ambientales de la gestión del agua en las cuencas receptoras del Trasvase Ebro-Júcar-Segura, especialmente en las tierras del sudeste ibérico. Departamento de Ecología e Hidrología. Servicio de publicaciones de la Universidad de Murcia.

ESTEVE SELMA, M.A, MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J. 2005. Estimación de la contaminación agrícola en el Mar Menor mediante un modelo dinámico. *Mediterránea*, serie de estudios Geológicos. 2005, época II, nº 18. Universidad de Alicante.

ESTRADA, M.A., MENDOZA, J.D., LÁZARO, E., MANZANO, N.P., NIKOLSKII, I., ACEVEDO, D.C. 2-4 mayo 2005. Balance de nitrógeno: una herramienta para conocer las pérdidas de nitrógeno en los campos agrícolas drenados. 1º Congreso Internacional de casos exitosos de Desarrollo Sostenible del Trópico, Veracruz (Méjico).

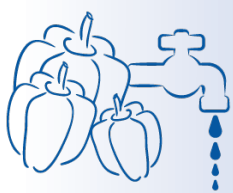
FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2002. Desafíos y perspectivas para la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. Tierra y Agricultura. Johannesburgo.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2012. Estadísticas de producción y superficie agraria mundial.

FERERES, E., FERNÁNDEZ, M.D., ORGAZ, F., LÓPEZ, J.C., CÉSPEDES, A., PÉREZ, J., BONACHELA, S. y GALLARDO, M. 2001. Programación del riego de cultivos hortícolas bajo invernadero en el sudeste español. Publicaciones de la Caja Rural de Almería y Málaga. Finca “Las Palmerillas” I.S.B.N. 84-95531-02-X.

FERNÁNDEZ, M.D. 2000. Necesidades hídricas y programación de riegos en los cultivos hortícolas en invernadero y suelo enarenado de Almería. Tesis doctoral. Universidad de Almería.

FERNÁNDEZ, M.D., LÓPEZ, J.C., GALLARDO, M. BONACHELA, S. ORGAZ, F. y FERERES, E. 1999. Producción y uso del agua en un cultivo de pimiento bajo invernadero en Almería. VIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Murcia. p. 413-419.



FERNÁNDEZ M^a MILAGROS, MARTÍN EMILIO, CANOVAS GEMA y BAEZA RAFAEL J. Abril 2012. Manejo controlado de la aplicación de nitratos en cultivos de tomate y pimiento en invernadero. Vida Rural. Instituto de Investigación Agraria, Pesquera y de la Producción Ecológica, Centro La Mojonera, Almería.

FLIPSE, W.J. JR.; KATZ, B.G.; LINDNER, J.L. Y MARKEL, R. 1984. Sources of nitrate in ground water in a sewerred housing development, central Long Island. New York. *Ground Water*, 23: 418-426.

FLORES, P., NAVARRO, J. M., CARVAJAL M., CERDÁ A. and MARTÍNEZ, V. 2002. Tomato yield and quality as affected by the nitrogen source and salinity. *Agronomie*.

FLORES, P., CASTELLAR, I. and NAVARRO, J. 2005. Nitrate Leaching in Pepper Cultivation with Organic Manvre and supplementary Additions of Mineral Fertilizer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36: 2889-2898.

FRONTELA, A. y MOREJÓN, J.M. 1998. Influencia del fraccionamiento de la dosis de nitrógeno en el rendimiento del cultivo del pimiento. *Agrícola Vergel*. p. 8-11.

FUENTES YAGÜE, J.L. 1989. El suelo y los fertilizantes agrícolas. Editorial Mundi-Prensa.

GARRIDO VALERO, M^a SOLEDAD, 1993. Interpretación de análisis de suelos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Hoja divulgadora nº5/93.

GILABERT, J. 1992. Análisis del ecosistema planctónico del Mar Menor. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.

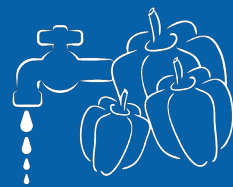
GIRÁLDEZ CERVERA J.V. y JIMÉNEZ HORNERO F.J. 2007. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción y pérdida de agua por drenaje en un cultivo de maíz irrigado en la zona centro de España. *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VIII*.

GÓMEZ de BARREDA, D. *et al.* 1996. Comportamiento en el suelo de productos de degradación de las triazinas simétricas de regadío. XI Reunión SEM h. Badajoz. Abril.

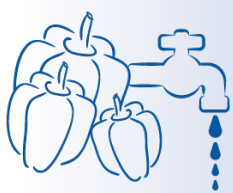
GONZÁLEZ BENAVENTE, ALBERTO. 2007 (comunicación personal). Variedades de pimiento de invernadero en la Región de Murcia

GRAGEDA-CABRERA, A., MEDINAS-CÁZARES, T., AGUILAR-ACUÑA, J.L., HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, M., SOLÍS-MOYA, E., AGUADO-SANTA-CRUZ, G.A. and PEÑA-CABRIALES, J.J. 2004. Gaseous nitrogen loss by N₂ and N₂O emissions from different tillage systems and three nitrogen sources. *Agrociencia* 38: 625-633.

GRANADOS GARCÍA, MARÍA ROSA. 2011. Tesis doctoral: "Lixiviación de nitratos desde cultivo de invernadero en suelo en las condiciones de Almería: magnitud, factores determinantes y desarrollo de un sistema de manejo optimizado". Universidad de Almería.



- GROSS, A. 1986. Abonos. En: Guía práctica de la fertilización. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 560p.
- GRUPO ECOLOGISTA MEDITERÁNEO. 1998. Propuestas para la reducción y gestión de los residuos agrícolas en el Poniente Almeriense. Encuentro Medioambiental Almeriense, Almería, Septiembre 1998.
- GUERRERO, A., 1990. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ed. Mundi Prensa, 206 p. Madrid.
- GUERRERO, J. 1993. Abonos orgánicos. Tecnología para el manejo ecológico del suelo. Editorial RAAA. Lima. 90p.
- GUNAPALA, N. and SCOW, K. 1998. Dynamics of soil microbial biomass and activity in conventional and organic farming systems. *Soil Biol. Biochem.* 30, 805-816.
- GUERTAL, EA. 2000. Preplant show-release nitrogen fertilizers produce similar bell pepper yields as split applications of soluble fertilizer. *Agronomy Journal* 92(2): 388-393.
- HANSEN, B., KRISTENSEN, E.S., GRANT, R., HOGH-JENSEN, H., SIMMELSGAARD, S.E. and OLESEN, J.E. 2000. Nitrogen leaching from conventional versus organic farming systems - a systems modelling approach. *Eur. J. Agron.* 13, 65-82.
- HANSEN, B., ALROE, H.F. and KRISTENSEN, E.S. 2001. Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agr. Ecosyst. Environ.* 83,11-26.
- HERNANDO, J. 1989. Influencia del suelo en la contaminación de alimentos. *C.I.C.C.* 5, 3-9.
- INFOAGRO. El cultivo del pimiento. www.infoagro.es
- INGESTAD, T. 1979. Nitrogen stress in birch seedlings. 2. N, K, P, Ca and Mg nutrition. *Physiol. Plantarum.* 45, 149-157.
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (I.D.A.E.). MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO. 2007. Ahorro, eficiencia energética y fertilización nitrogenada.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (I.T.G.E.). 1993. Evaluación del impacto de la contaminación por especies nitrogenadas sobre abastecimientos urbanos situados en áreas de alto grado de afección (1990-91-92). Provincia de Murcia.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (I.T.G.E.). 1996. Identificación de masas de aguas subterráneas afectadas por nitratos de origen agrario. Comunidad Autónoma de Murcia. Informe inédito realizado para la Secretaría de Estado de Aguas y Costas del Ministerio de Medio Ambiente, remitido en enero de 1997 a la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua de la Región de Murcia.



IRAÑETA, I., ARMESTO, A.P., SEGURA, A. y LAFARGA, A. 2002. Herramientas de ayuda a la decisión para el manejo correcto de los fertilizantes nitrogenados en cereales de invierno. Navarra Agraria, nº 133, 6-16.

JENSEN, M.E., BURMAN, R.D. and ALLEN, R.G. 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASCE Manual nº 70.332 pp.

KEENEY, D.R. 1982. Nitrogen in Agricultural Soils. Agronomy Monograph, nº 22, Cap. 16, ASA CSSA y SSSA. Madison.

KELLER, J. and BLIESNER, R.D. 1990. Sprinkle and trickle irrigation. Col: 632 p.

KIRCHMANN, H. and BERGSTRÖM, L. 2001. Do organic farming practices reduce nitrate leaching? Commun Soil Sci Plan. 32, 997-1028.

KIRCHMANN, H., JOHNSTON, A.E.J. and BERGSTROM, L.F. 2002. Possibilities for reducing nitrate leaching from agricultural land. AMBIO. 31, 404-408.

KLADIVKO, E J. et al. 1999. Pesticide and nitrate transport into subsurface tile drains of different spacings. J. Environ. Qual. 28(3): 997-1004.

KNORR, D. and VOGTMANN, H. 1983. Quantity and quality determination of ecologically grown foods. Sustainable Food Systems. Knorr, D., (ed). Westport, Conn. pp 352-381.

KRISTENSEN, S.P., MATHIASSEN, J., LASSEN, J., MADSEN, H.B. and REENBERG, A. 1994. A comparison of the leachable inorganic nitrogen content in organic and conventional farming systems. Acta Agr. Scand. B. - S. P. 44, 19-27.

KOPPERT, BIOLOGICAL SYSTEM. 1999. Productos Koppert con instrucciones para su uso. Koppert B.V: 53 pp.

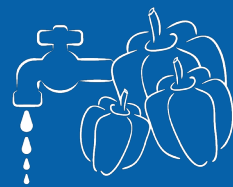
LACASA, A. y TELLO, J.C. 1987. Nueva plaga en hortalizas y flores. Tria 433: 57-8.

LACASA A. y GUIRAO P. 1997. "Investigaciones actuales sobre alternativas al uso del bromuro de metilo en pimiento, en invernaderos del Campo de Cartagena". Jornadas y Congresos 11, Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua. Región de Murcia : 21-36.

LIDÓN, A., RAMOS, C. y RODRIGO, A. 1999. Comparación de tres métodos para la estimación del drenaje en huertos de cítricos. Riegos y Drenajes XXI 106:57-60

MACHET, J.M., PIERRE, D., RECOURS, S. and REMY, J.C. 1987. Signification du coefficient reel d'utilisation et consequences pour la fertilisation azotée des cultures. C. R. Acad. Agric. Fr. 73, 39.

MAGKOS, F., ARVANITI, F. and ZAMPELAS, A. 2003. Organic food: nutritious food or food for thought? A review of the evidence. Int. J. Food Sci. Nutr. 54, 357-371.



MARTÍNEZ, M., GARCÍA-LINARES, J., SÁNCHEZ-PÉREZ, J.M., AIZPURUA, A., RUÍZ DE LOIZAGA, I. y ANTIGÜEDAD, I. 2003. Lixiviación de nitratos bajo cultivo de remolacha en la zona vulnerable del acuífero cuaternario de Vitoria-Gasteiz (País Vasco). Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VI. J. Álvarez-Benedí y P. Marinero.

MARTÍNEZ MARTÍNEZ, YOLANDA. 2011. Tesis doctoral “Análisis económico y ambiental de la contaminación por nitratos en el regadío”. Universidad de Almería.

MATTHEWS, A.M., PORTWOOD, A.M., ARMSTRONG, A.C., LEEDS-HARRISON, P.H., HARRIS, G.L., CATT, J.A. and ADDISCOTT, T.M. 2000. CRACK-NP, development of a model for predicting pollutant transport in cracking clay soils. Soil Use and Management, 16(4): 279-284.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. 2013. Estudio de costes y rentas de las explotaciones agrarias.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. 2014. Estudio de costes y rentas de las explotaciones agrarias.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. 1998. Métodos oficiales de Análisis de la Unión Europea.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN y MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. 2003. Módulo ambiental para el Sector Agrario. Publicaciones de la Red de Autoridades Ambientales.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. 2005. Balance del nitrógeno en la agricultura española.

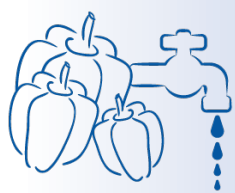
MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA. Fuente: www.platea.pntic.mec.es

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA. Fuente: www.educ.ar

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (B.O.E. nº 226 de 1990). Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (B.O.E. 11 marzo 1996). Real Decreto 261/1996, de 16 de Febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRAÚLICAS Y CALIDAD DE LAS AGUAS. 2001. Caracterización de las fuentes agrarias de contaminación de las aguas por nitratos. Secretaría General Técnica del Ministerio de Medio Ambiente, depósito legal 310-01-037-2.



MUÑOZ CARPENA, R., PARSON, J.E., SOCORRO, A.R. y VILLACÉ, E. 1998. Simulación por ordenador del transporte y lixiviación de nitratos en un suelo sorribado de Tenerife. Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. Valencia 1998. 565-575 AIH-GE

MURPHY, J. and RILEY, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta.* 27: 31-36.

NAGATA, M. and YAMASHITA, I. 1992. Simple methods for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *J. Japan. Soc. Food Cci. Technol.* 39(10): 925-928.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1978. Nitrate: An environmental assessment. National Academy of Sciences. Washington D.C., U.S.A.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1993. En: Pesticides in the diets of infants and children. National Academy Press. Washington, D.C.

NAVARRA BLAYA, S. y NAVARRO GARCÍA, G. 2000. Química Agrícola. Editorial Mundi Prensa.

NAVARRO S., BARBA A., OLIVA J. and GARCÍA C. 2000. Determination of simazine, terbuthylazine and their chlorotriazine metabolites in soil, using sonication microextraction and gas chromatography. *J. AOAC Int.*, 83: 1239-1243.

NAVARRO SÁNCHEZ, J., CÁNOVAS CUENCA, J., MARTÍNEZ VICENTE, D., GÓMEZ REDONDO, L., GARCÍA CARRASCO, M.D., DEL AMOR SAAVEDRA, F.M., CÁNOVAS, M.M. y CÁNOVAS, P.A. 2008. Técnicas de cultivo en la lixiviación de nitratos en pimiento de invernadero. *Horticultura* 206-mayo 2008. 32-40.

NOBLE, A. 1993. Partition coefficients (n-octanol-water) for pesticides. *J. Chromatogr.* 642: 3-14.

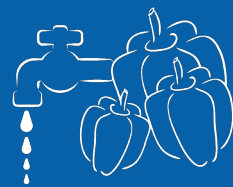
NUEZ F., GIL ORTEGA R. y COSTA J. 1996. "El cultivo de pimientos, chiles y ajíes". Ed. Mundi Prensa. Madrid.

ORTIZ CASAS, JOSÉ LUIS. Valencia 1998. Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. AIH-GE.

ORÚS, F. y QUÍLEZ, D. 1999. La contaminación de las aguas por el nitrato de origen agrario. Diputación General de Aragón. *Medio Ambiente*: 32-34.

OZORES-HAMPTON, M., OBREZA, T.A. and HOCHMUTH, G. 1998. Using composted wastes on Florida vegetable crops. *Hort Technology.* 8, 130-137.

PACHECO, J. y CABRERA, A. 2003. Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas. *Ingeniería* 7-2 (2003) 47-54.



PASCUAL, J.A., NAVARRO, N., MERCADER, D., FERNÁNDEZ, P. y LACASA, A. 2006. Efectos de la biosolarización sobre la lixiviación de nitratos en cultivos de pimiento en invernadero. VII Congreso SEAE Zaragoza 2006 N° 108.

PATO, CONDÉS, VICENTE. 2006. Fertilización en la Zona Vulnerable del Campo de Cartagena. Publicaciones de la Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia.

PENMAN, H.L. 1948. Natural evaporation from open water bare soils and grass. Proceeding of the Royal Society of London A, 193: 120-146.

PÉREZ-RUZAFÁ, A., 1989. Estudio ecológico y bionómico de los poblamientos bentónicos del Mar Menor (Murcia, SE de España). Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. 751 pp.

PERDOMO, C.H., CASANOVA, O.N. y CIGANDA, V.S. 2001. Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el litoral sudoeste del Uruguay. 10 Agrociencia (2001) Vol V, nº 1 pág. 10-22.

POCH, R., MAICHOL, J.C., CANDELA, L. y RAMÍREZ DE CARTAGENA, F. 2005. Estimación de los riesgos de lixiviación de nitratos en suelos agrícolas: ¿enfoque numérico o funcional?. Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol.VII. E.J. Samper Calvete y A. Paz González.

POCHARD, E. 1966. Données expérimentales sur la sélection du piment (*Capsicum annuum* L). An. Am. Plantes 16 (2) : 185-197.

PRATT, P.F. 1984. Nitrogen use and nitrate leaching in irrigated agriculture. Nitrogen in crop production R.D. Hauck (Ed.), Am. Soc. Agronomy 319-333. Madison.

PRESTON, T. and OWENS, N. 1983. Interfacing an automatic elemental analyser with an isotope ratio mass spectrometer: the potential for fully automated total nitrogen and nitrogen-15 analysis. *Analyst* 108: 971-977.

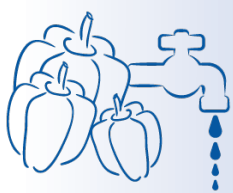
QUEMADA, M. 2006. Balance de nitrógeno en sistemas de cultivo de cereal de invierno y de maíz en varias regiones españolas. *Monografías INIA: serie agrícola, nº 21, Editorial Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid. P-144.*

RAIGÓN, M.D., DOMÍNGUEZ GENTO, A. y TORREGROSA, S. 2003. Presencia de nitratos en hortalizas de producción ecológica y convencional. *Agrícola Vergel*, julio 2003. 357-366.

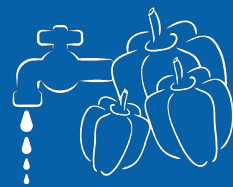
RAMOS MOMPÓ, C. y OCIO ARMENTIA, J.A. 1993. La agricultura y la contaminación de las aguas por nitrato. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Hojas Divulgadoras, Núm. 7/92 HD .

RAMOS, CARLOS. 1995. Impacto del riego en la contaminación y calidad de las aguas subterráneas. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. *Riegos y Drenajes XXI*, 92: 39-44.

RAMOS, C. 2001. El abonado nitrogenado de los cultivos hortícolas. *Vida Rural*, 121: 46-48



- RAMOS, C., AGUT, A. y LIDÓN A.L. 2002. La lixiviación de nitrato en algunos cultivos importantes de la Comunidad Valenciana. *Agrícola Vergel*, Julio, pag.: 412-418.
- RAMOS, C., CARBONELL, G., GARCÍA BAUDÍN, J.M. and TARAZONA, J.V. 2000. *Ecological risk assessment of pesticides in the Mediterranean Region*. The need for crop-specific scenarios. *Sci Total Environ.*, 247: 269-278.
- RECHCIGL, J.E. 1995. *Soil amendments and environmental quality*. CRC Lewis Pub. Florida.
- RINCÓN, L., SÁEZ, J., BALSALOBRE, E. y PELLICER, C. 1995. Crecimiento y absorción de nutrientes del pimiento grueso en cultivo bajo invernadero. *Invest. Agr. Prod. y Prot. Veg.* Vol 10 (1).
- RINCÓN, L., PÉREZ, A., ABADÍA, A., SÁEZ SIRONI, J. y PELLICER, C. 2005. Fertirrigación localizada en un cultivo de pimiento grueso de invernadero en Producción Integrada. Respuesta productiva y balance de las aguas de riego. *Agrícola Vergel*, Octubre 2005. 488-493.
- RINCÓN, L., PÉREZ, A., ABADÍA, A., SÁEZ, J., PELLICER, C. y MÁRMOL, M.A. 2007. Evaluación de la lixiviación de nitratos en un cultivo de pimiento de carne gruesa con fertirrigación. XI Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Albacete. *Actas de Horticultura*, nº 48, 612-615.
- ROBLES, C., MEDRANO, C. y LAHOZ, I. 2005. Efectos de parámetros del riego en pimiento sobre la producción, ahorro de agua y calidad medioambiental. Universidad Pública de Navarra. Deptº de Proyectos e Ingª Rural.
- RODRÍGUEZ LÓPEZ, J.A. 2008. Tesis doctoral "Cuantificación de las pérdidas de nitratos por lixiviación en cultivos sin suelo en el sureste español" Universidad de Almería.
- ROMERA PÉREZ, M.P. 2004 <http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/agricultura_ecologica05.asp>.
- ROMIC, D., ROMIC, M., BOROSIC, J. and POLJAK, M, 2003. Mulching decreases nitrate leaching in bell melon cultivation. *Agricultural Water Management* 60 (2): 87-97.
- RUÍZ, E.; MARTÍNEZ, M; GARCÍA, C.; URIARTE, J.A. y ANTIGÜEDAD, I. 2005. Transporte y degradación de nitratos en suelos del humedal de Salburua (País Vasco). *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VII*. F.J. Samper Calvete y A. Paz González.
- RUFTY, T.W., HUBER, S.C. and VOLK R.J. 1988. Alterations in leafcarbohydrate metabolism in response to nitrogen stress. *Plant Physiol.* 88, 725-730.
- SÁNCHEZ, J.A., CONTRERAS, J., LACASA, A. y LORCA, M. 1995. Datos preliminares sobre la utilización de *Orius laevigatus* (Fieber) en el control de *Frankliniella occidentalis* (Perg.) en pimiento en invernadero. *Phytoma España*, nº 68, p.32-38.



SCHINDLER, D.W., HECKY R.E., FINDLAY D.L., STANTON M.P., PARKER B.R., PATERSON M.J., BEATY K.G., LYNNG M., and KASIAN S.E.M. 2008. Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: Results of a 37-year whole-ecosystem experiment. PNAS (105.32): 11254 – 11258.

SCHON, M.K., COMPTON, M.P., BELL, E. and BURNS, I. 1994. Nitrogen concentrations affect pepper yield and leachate nitrate-nitrogen from rockwool culture. Hortscience. 29, 1139-1142.

SENENT ALONSO y MARTÍNEZ VICENTE. 2001. “Aplicación en la Región de Murcia de la Directiva 91/676/CEE sobre la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura. Estado de la contaminación por nitratos de las aguas continentales y litorales”. Comunicación personal de resultados, noviembre 2001.

SERRANO CERMEÑO, ZOILO. 2011. Prontuario del cultivo del pimiento. Depósito Legal: MA 1530-2011. ISBN: 978-84-615-3521-7.

SERVICIO DE INFORMACIÓN AGRARIA MURCIANO (S.I.A.M). Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario.

SIMONNE, E., HOCHMUTH, B., CHANDLER, J. and STUDESTILL, D. 2005. Optimization of irrigation practiques in conventional and organic vegetable production with soluble dye as an educational tool. University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences. Water quality/quantity best management practiques for Florida vegetable and agronomics crops.

SOTO BRAVO, F., OSMAR JADOSKI, S. y ANDRÉ POTT, C. 2011. El desafío del manejo del nitrógeno en el contexto de la productividad agrícola y de la vulnerabilidad medioambiental. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR, v. 4, n.3, p.191-218, 201.

SPSS 13.0. Statistical Package for Social Sciences. IBM. <http://www.spss.com>

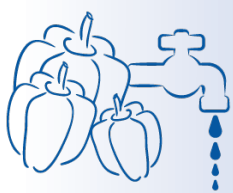
STAMATIADIS, S., WERNER, M. and BUCHANAN, M. 1999. Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application in a broccoli field (San Benito County, California). Appl. Soil Ecol. 12, 217-225.

STOLZE, M., PIORR, A., HÄRING, A. and DABBERT, S. 2000. The environmental impact of organic farming in Europe. Organic Farming in Europe: Economics and Policy, vol 6. University of Hohenheim, Germany.

STOPES, C., LORD, E.I., PHILIPPS, L. and WOODWARD, L. 2002. Nitrate leaching from organic farms and conventional farms following best practice. Soil Use Manage. 18, 256-263.

SUÁREZ SÁNCHEZ, C.L. y SANTANA OJEDA, J.L. 2009. Efecto del agua de riego y abonado nitrogenado en una plantación de tomates.

TEDESCHI, P. and ZERBI, G. 1984. Flowering and fruiting courses and yield of sweet pepper plants grown in lysimeters with relation to different water regimes. Riv. Ortoflorofrutt. It, 68: 323-329.



TEI, F., BENINCASA, P. and GUIDUCCI, B. 2002. Nitrogen fertilisation of lettuce, processing melon and sweet pepper: yield, nitrogen uptake and the risk of nitrate leaching. *Acta Horticulturae* (506): 61-67.

TELLO, J. y LACASA, A. 1997. Problemática fitosanitaria del suelo en el cultivo del pimiento en el Campo de Cartagena. Posibilidad de alternativas viables al bromuro de metilo en pimiento de invernadero. Región de Murcia. C.M.A.A.A. p.11-17.

THOMPSON, R.B. *et al.* 2006. Management factors contributing to nitrate leaching loss from a geerhouse-based intensive vegetable production system. *Acta Horticulturae* (700): 179-184.

THOMPSON, R.B., GRANADOS GARCÍA, M.R., FERNÁNDEZ, M.D., GALLARDO, M. y GÁZQUEZ, J.C. Enero 2005. Pérdida de nitratos por lixiviación de un cultivo de tomate en suelo bajo condiciones de invernadero. Publicaciones Cajamar. Finca Las Palmerillas.

THOMPSON, R.B., GRANADOS GARCÍA, M.R., FERNÁNDEZ, M.D., GALLARDO, M. y GÁZQUEZ, J.C. 2008. Pérdida de nitratos por lixiviación de un cultivo de tomate en suelo bajo condiciones de invernadero. Comunicación personal.

THOMPSON, R. B., FERNÁNDEZ, M. D., BONACHELA, S., GALLARDO, M. y GRANADOS, M. R. Julio 2012. Uso del agua de riego en los cultivos en invernadero. Cuadernos de estudios agroalimentarios ISSN 2173-7568, 115-138.

USEPA. 1987. Method 608. Series 600 Methods. US Environmental Protection National Meeting of the American Chemical Society, San Francisco, 189 – 202: 19 reg.

VAN DELBEN, A., 2001. Yield and growth components of potato and wheat under organic nitrogen management. *Agron. J.* 93, 1370-1385.

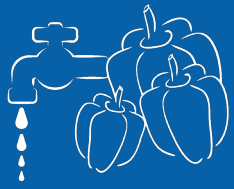
VÁZQUEZ, N., PARDO, A., SUSO, M.L. y QUEMADA, M. 2003. Drenaje y lixiviado de nitratos en una sección transversal de un sistema de cultivo hortícola con riego por goteo y acolchado plástico. *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo. Vol VI. J. Álvarez-Benedi y P. Marinero.*

VICENTE CONESA, F., CONDÉS RODRÍGUEZ, F.L., SÁEZ GARCÍA, M.J. y TRANCÓN BLÁZQUEZ, I. 2002. Ensayo de cultivares híbridos de pimiento tipo California con y sin resistencia al virus del bronceado (TSWV). Comunicación personal de Francisco Vicente.

VITORIA, L., N. OTERO, A. SOLER, and A. CANALS. 2004. Fertilizar characterization: Isotopic data (N, S, O, C, and Sr). *Environ. Sci. Technol.* 38:3254-3262.

WAGENET, R.J. and HUTSON, J.L., 1997. Soil quality and its depence on dynamic physical processes. *J.Environ. Qual.* 26: 41-48.

WIESLER, F. 1998. Comparative assessment of efficacy of various nitrógeno fertilizers. *J. Crop. Prod.* I, 81.



WILD, A. y Jones L. H. P. 1992. Nutrición mineral de las plantas cultivadas. Ed. Wild, A. Condiciones del suelo y Desarrollo de las plantas. Mundi Prensa, Madrid. Pp: 73-119. 1992.

WORTHINGTON, V. 1998. Effect of agricultural methods on nutritional quality: a comparison of organic with conventional crops. *Altern. Ther. Health M.* 4, 58-69.

WRIGHT, J .L. 1982. *New evapotranspiration crop coeficients.* J. Irrig. and Drain. Div., ASCE, 108 (IR2): 57- 74.

YOUNIE, D. and WATSON, C.A. 1992. *Soil nitrate-N levels in organically and intensively managed grassland systems.* *Aspects Appl. Biol.* 30, 235-238.

ANEXOS

TESIS DOCTORAL

*EVALUACIÓN DE LA LIXIVIACIÓN
DE NITRATOS EN EL CULTIVO DE
PIMIENTO DE INVERNADERO EN
EL CAMPO DE CARTAGENA*

JOAQUÍN NAVARRO SÁNCHEZ

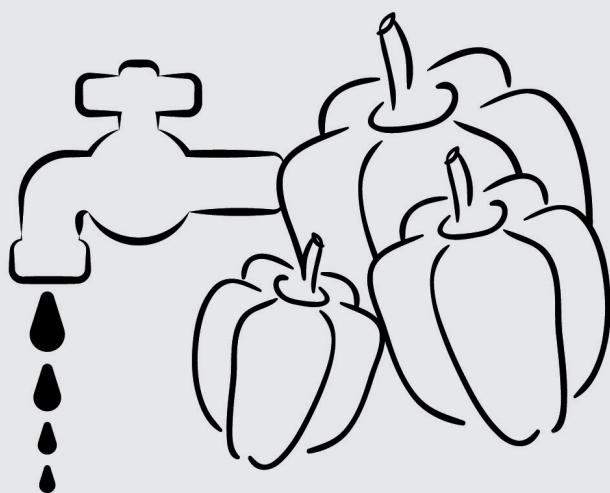
Directores:

Dr. D. Juan Cánovas Cuenca
Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo
Agrario y Alimentario (IMIDA)

Dr. D. Francisco M. del Amor Saavedra
Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo
Agrario y Alimentario (IMIDA)

Programa de Doctorado:

Técnicas Avanzadas en Investigación
y Desarrollo Agrario y Alimentario



Anexo I. Directiva del Consejo 91/676/CEE. “Directiva de Nitratos” 4

Anexo II. Fertilización 12

1.- Fertilización lixímetros año 1999	12
2.- Fertilización lixímetros año 2000	15
3.- Fertilización lixímetros año 2001	21
4.- Fertilización lixímetros año 2002	27
5.- Fertilización lixímetros año 2003	28
6.- Fertilización lixímetros año 2004	30
7.- Fertilización lixímetros año 2005	33
8.- Fertilización lixímetros año 2006	35
9.- Resumen de fertilización aplicada años 1999-2004	36
10.- Resumen de fertilización aplicada años 2004-2006	38

Anexo III. Cubeta evaporimétrica. Clase A..... 39

1.- Evaporación cubeta clase A año 2001	39
2.- Evaporación cubeta clase A año 2002	40
3.- Evaporación cubeta clase A año 2003	42
4.- Evaporación cubeta clase A año 2004	43

Anexo IV. Datos climáticos en el invernadero 45

1.- Temperatura, humedad y radiación diaria y mensual en el invernadero.....	45
2.- T ^a y HR horaria desde el 18/12/2006 hasta el 27/01/2007	50

Anexo V. Riego aportado 57

1.- Volúmenes de riego semanal año 1999	57
2.- Volúmenes de riego semanal año 2000	58
3.- Volúmenes de riego semanal año 2001	59
4.- Volúmenes de riego semanal año 2002	60
5.- Volúmenes de riego semanal año 2003	61
6.- Volúmenes de riego semanal año 2004	62
7.- Volúmenes de riego semanal año 2005	63
8.- Volúmenes de riego por lixímetro y necesidades hídricas, año 2006	64

Anexo VI. Volúmenes lixiviados 66

1.- Volumen semanal lixiviado año 1999	66
2.- Volumen semanal lixiviado año 2000	67
3.- Volumen semanal lixiviado año 2001	68
4.- Volumen semanal lixiviado año 2002	69
5.- Volumen semanal lixiviado año 2003	70
6.- Volumen semanal lixiviado año 2004	71
7.- Volumen semanal lixiviado año 2005	72
8.- Volumen total lixiviado año 2006	73

Anexo VII. Información analítica de los lixiviados en los lixímetros

de drenaje: concentración de aniones y cationes 75

1.- Concentración de NO ₃ ⁻ , Ca ⁺² , K ⁺ y Mg ⁺² en los lixiviados. Año 1999	75
2.- Concentración de NO ₃ ⁻ , Ca ⁺² , K ⁺ , Mg ⁺² y Na ⁺ en los lixiviados. Año 2000.....	78
3.- Concentración de NO ₃ ⁻ en los lixiviados Año 2001	80
4.- Conductividad, PH, concentración y absorción de nitratos. Año 2006	81

Anexo VIII. Información analítica de los lixiviados en los lixímetros

de drenaje: cantidad de nitratos 75

1.- Cantidad de NO_3^- , Ca^{+2} , K^+ , Mg^{+2} y Na^+ en los lixiviados. Año 2000	84
2.- Cálculo de la cantidad de NO_3^- lixiviados en 2001	85
3.- Cantidad de NO_3^- lixiviados en el año 2003	87
4.- Cantidad de NO_3^- lixiviados. Año 2004 y 2005.....	89
5.- Cantidad de NO_3^- lixiviados en el año 2006. PH y conductividad eléctrica	90

Anexo IX. Información analítica de los lixiviados en sondas

de succión 91

1.- Concentración de NO_3^- , Ca^{+2} , K^+ , Mg^{+2} y Na^+ en sondas. Año 1999.....	91
2.- Concentración absorbancia, CE, PH y PPM de NO_3^- en sondas. Año 2005	99
3.- Concentración absorbancia, CE, PH y PPM de NO_3^- en sondas. Año 2006	103

Anexo X. Producción104

1.- Producción de pimientos. Año 1999.....	104
2.- Producción de pimientos. Año 2000.....	106
3.- Producción de pimientos. Año 2001.....	109
4.- Producción media de pimientos. Años 1999, 2000 y 2001	110
5.- Producción de pimientos. Año 2002.....	113
6.- Producción de pimientos. Año 2003.....	114
7.- Producción de pimientos. Año 2004.....	116
8.- Clasificación del número de frutos por categoría. Año 2004.....	118
9.- Producción media de pimientos. Años 2002, 2003 y 2004	121
10.- Producción de pimientos. Año 2005.....	122
11.- Producción de pimientos por categorías (kg). Año 2005.....	124
12.- Producción de pimientos por categorías (nº). Año 2005	126
13.- Producción de pimientos. Años 2004, 2005 y 2006	130
14.- Producción de pimientos. Año 2006.....	131

Anexo XI. El Espectrofotómetro y su calibrado 140

Anexo XII. Análisis de suelos, estiércoles y agua de riego 147

1.- Análisis de los suelos de los lixímetros. Año 2001	147
2.- Comparación del nitrógeno en suelo por lixímetros	152
3.- Análisis inicial de suelos. Año 1999	155
4.- Análisis final de suelos. Año 2007	158
5.- Análisis del agua de riego	174
6.- Análisis del estiércol, año 2004	175

anexo **Directiva del Consejo 91/676/CEE**
"Directiva de Nitratos"***Directiva del Consejo 91/676/CEE, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura Doce 375/L, de 31-12-91***

Nota:

Modificada por: Reglamento (CE) nº 1882/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de septiembre de 2003 (DOCE 284/L, de 31-10-03)

Rectificada por: Rectificación, (DOCE 92/K, de 16-04-93)

EL CONSEJO DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS,

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Económica Europea y, en particular, su artículo 130 S,

Vista la propuesta de la Comisión,

Visto el dictamen del Parlamento Europeo,

Visto el dictamen del Comité Económico y Social,

Considerando que el contenido de nitratos de las aguas de algunas regiones de los Estados miembros está aumentando y ya es elevado en comparación con los niveles establecidos en las Directivas del Consejo 75/440/CEE, de 16 de junio de 1975, relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en los Estados miembros, modificada por la Directiva 79/869/CEE, y 80/778/CEE, de 15 de julio de 1980, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, modificada por el Acta de Adhesión de 1985;

Considerando que el cuarto Programa de acción de las Comunidades Europeas en materia de medio ambiente apuntaba que la Comisión proyectaba presentar una propuesta de Directiva sobre el control y la reducción de la contaminación de las causada por la propagación o el vertido de residuos procedentes de la ganadería y por el uso excesivo de fertilizantes;

Considerando que el Libro verde de la Comisión las perspectivas de la política agraria común, sobre la reforma de la política agraria común, señala que, aunque la agricultura comunitaria necesite fertilizantes y abonos animales que contienen nitrógeno, el uso excesivo de fertilizantes es un riesgo para el medio ambiente, que se precisan iniciativas comunes para controlar los problemas ocasionados por la ganadería intensiva y que la política agraria debe tener más en cuenta la política medioambiental;

Considerando que la Resolución del Consejo, de 28 de junio de 1998, sobre la protección del Mar del Norte y otras aguas comunitarias invita a la Comisión a presentar propuestas de medidas comunitarias;

Considerando que la causa principal de la contaminación originada por fuentes difusas que afecta a las aguas de la Comunidad son los nitratos procedentes de fuentes agrarias;

Considerando que es necesario, en consecuencia, reducir la contaminación de las aguas provocada o inducida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, así como prevenir en mayor medida dicha contaminación para proteger la salud humana, los recursos vivos y los ecosistemas acuáticos, así como salvaguardar otros usos legítimos de las aguas; considerando que a tal fin es importante tomar medidas relativas al almacenamiento y a la aplicación a las tierras de todos los compuestos nitrogenados y a ciertas prácticas de gestión de la tierra;

Considerando que, dado que la contaminación de las aguas producida por nitratos en un Estado miembro puede afectar a las aguas de otro Estado miembro, es necesaria, por consiguiente, una acción comunitaria de conformidad con lo dispuesto en el artículo 130 R;

Considerando que mediante el fomento de prácticas agrarias correctas los Estados miembros pueden proporcionar a todas las aguas un nivel general de protección contra la contaminación futura;

Considerando que hay zonas que vierten en aguas vulnerables a la contaminación producida por compuestos nitrogenados que requieren una protección especial;

Considerando que es necesario que los Estados miembros identifiquen sus zonas vulnerables y proyecten y apliquen programas de acción para reducir la contaminación de las aguas producida por compuestos nitrogenados en las zonas vulnerables;

Considerando que dichos programas de acción deben incluir medidas que limiten la aplicación a las tierras de todos los fertilizantes que contienen nitrógeno y, en particular, establecer límites específicos para la aplicación de los abonos animales;

Considerando que es necesario controlar las aguas y aplicar métodos de medición de referencia a los compuestos nitrogenados para garantizar que las medidas sean efectivas;

Considerando que la situación hidrogeológica en determinados Estados miembros es tal que pueden transcurrir muchos años antes de que las medidas de protección produzcan una mejora de la calidad de las aguas;

Considerando que debe crearse un Comité encargado de asistir a la Comisión en los temas relativos a la aplicación de la presente Directiva y su adaptación al progreso científico y técnico;

Considerando que la Comisión debería informar regularmente sobre la aplicación de la presente Directiva por parte de los Estados miembros;

HA ADOPTADO LA PRESENTE DIRECTIVA:

Artículo 1

El objetivo de la presente Directiva es:

- a. Reducir la contaminación causada o provocada por los nitratos de origen agrario, y
- b. Actuar preventivamente contra nuevas contaminaciones de dicha clase.

Artículo 2

A efectos de la presente Directiva, se entenderá por:

- a. "aguas subterráneas": todas las aguas que estén bajo la superficie del suelo en la zona de saturación y en contacto directo con el suelo o el subsuelo.
- b. "agua dulce": el agua que surge de forma natural, con baja concentración de sales, y que con frecuencia puede considerarse apta para ser extraída y tratada al fin de producir agua potable;
- c. "compuesto nitrogenado": cualquier sustancia que contenga nitrógeno, excepto el nitrógeno molecular gaseoso;
- d. "ganado": todos los animales criados con fines de aprovechamiento o con fines lucrativos;
- e. "fertilizantes": cualquier sustancia que contenga uno o varios compuestos nitrogenados y se aplique sobre el terreno para aumentar el crecimiento de la vegetación; comprende el estiércol, los desechos de piscifactorías y los lodos de depuradora;
- f. "fertilizante químico": cualquier fertilizante que se fabrique mediante un proceso industrial;
- g. "estiércol": los residuos excretados por el ganado o las mezclas de desechos y residuos excretados por el ganado, incluso transformados;
- h. "aplicación sobre el terreno": la incorporación de las sustancias al mismo ya sea extendiéndolas sobre la superficie, inyectándolas en ellas, introduciéndolas por debajo de su superficie o mezclándolas con las capas superficiales del suelo;
- i. "eutrofización": el aumento de la concentración de compuestos de nitrógeno, que provoca un crecimiento acelerado de las algas y las especies vegetales superiores, y causa trastornos negativos en el equilibrio de los organismos presentes en el agua y en su propia calidad;
- j. "contaminación": la introducción de compuestos nitrogenados de origen agrario en el medio acuático, directa o indirectamente, que tenga consecuencias que puedan poner en peligro la salud humana, perjudicar los recursos vivos y el ecosistema acuático, causar daños a los lugares de recreo u ocasionar molestias para otras utilizaciones legítimas de las aguas;

k. "zona vulnerable": una superficie de terreno definida con arreglo al apartado 2 del artículo 3.

Artículo 3

1. Los Estados miembros determinarán, con arreglo a los criterios definidos en el Anexo I, las aguas afectadas por la contaminación y las aguas que podrían verse afectadas por la contaminación si no se toman medidas de conformidad con lo dispuesto en el artículo 5.
2. Los Estados miembros designarán, en un plazo de dos años a partir de la notificación de la presente Directiva, como zonas vulnerables todas las superficies conocidas de su territorio cuya escorrentía fluya hacia las aguas contempladas en el apartado 1 y que contribuyan a la contaminación. Notificarán esta designación inicial a la Comisión en el plazo de seis meses.
3. Cuando aguas determinadas por un Estado miembro con arreglo al apartado 1 estén afectadas por contaminación procedente de aguas de otro Estado miembro que fluyan directa o indirectamente hacia dichas aguas, el Estado miembro cuyas aguas se vean afectadas notificará los hechos pertinentes al otro Estado miembro y a la Comisión.
Los Estados miembros afectados llevarán a cabo la concertación necesaria, con la Comisión cuando fuera oportuno, para determinar las fuentes en cuestión y las medidas que deban tomarse para proteger las aguas afectadas a fin de garantizar la conformidad con lo dispuesto en la presente Directiva.
4. Los Estados miembros examinarán y, si procede, modificarán o ampliarán las designaciones de zonas vulnerables en un plazo adecuado y como mínimo cada cuatro años, a fin de tener en cuenta cambios y factores no previstos en el momento de la designación anterior. Notificarán a la Comisión cualquier modificación o ampliación de las designaciones en un plazo de seis meses.
5. Los Estados miembros no estarán obligados a determinar zonas vulnerables específicas en caso de que elaboren y apliquen programas de acción contemplados en el artículo 5 con arreglo a lo dispuesto en la presente Directiva en todo su territorio nacional.

Artículo 4

1. Con objeto de establecer para todas las aguas un nivel general de protección contra la contaminación, los Estados miembros, dentro de un plazo de dos años a partir de la notificación de la presente Directiva:
 - a. Elaborarán uno o más códigos de prácticas agrarias correctas que podrán poner en efecto los agricultores de forma voluntaria, que contengan disposiciones que abarquen al menos, las cuestiones mencionadas en la letra A del Anexo II;
 - b. Establecerán, cuando sea necesario, un programa de fomento de la puesta en ejecución de dichos códigos de prácticas agrarias correctas, el cual incluirá la formación de los agricultores.
2. Los Estados miembros informarán detalladamente a la Comisión acerca de sus códigos de prácticas agrarias correctas y la Comisión incluirá información sobre dichos códigos en el informe a que se refiere el artículo 11. A la luz de la información recibida y si lo considerare necesario, la Comisión podrá presentar las oportunas propuestas al Consejo.

Artículo 5

1. En un plazo de dos años a partir de la designación inicial a que se refiere el apartado 2 del artículo 3, o de un año a partir de cada designación complementaria con arreglo al apartado 4 del artículo 3, y con objeto de cumplir los objetivos especificados en el artículo 1, los Estados miembros establecerán programas de acción respecto de las zonas vulnerables designadas.
2. Los programas de acción podrán referirse a todas las zonas vulnerables del territorio de un Estado miembro o, si dicho Estado miembro lo considere oportuno, podrán establecerse programas diferentes para distintas zonas vulnerables o partes de dichas zonas.

3. Los programas de acción tendrán en cuenta:
 - i. Los datos científicos y técnicos de que se disponga, principalmente con referencia a las respectivas aportaciones de nitrógeno procedentes de fuentes agrarias o de otro tipo;
 - ii. Las condiciones medioambientales en las regiones afectadas del Estado miembro de que se trate.
4. Los programas de acción se pondrán en aplicación en el plazo de cuatro años desde su elaboración y consistirán en las siguientes medidas obligatorias:
 - i. Las medidas del Anexo III;
 - ii. Las medidas dispuestas por los Estados miembros en el o los códigos de prácticas agrarias correctas establecidos con arreglo al artículo 4, excepto aquellas que hayan sido sustituidas por las medidas del Anexo III.
5. Por otra parte, y en el contexto de los programas de acción, los Estados miembros tomarán todas aquellas medidas adicionales o acciones reforzadas que consideren necesarias si, al inicio o a raíz de la experiencia adquirida al aplicar los programas de acción, se observare que las medidas mencionadas en el apartado 4 no son suficientes para alcanzar los objetivos especificados en el artículo 1. Al seleccionar estas medidas o acciones, los Estados miembros tendrán en cuenta su eficacia y su coste en comparación con otras posibles medidas de prevención.
6. Los Estados miembros elaborarán y pondrán en ejecución programas de control adecuados para evaluar la eficacia de los programas de acción establecidos de conformidad con el presente artículo.

Los Estados miembros que apliquen el artículo 5 en todo su territorio nacional controlarán el contenido de nitrato en las aguas (superficiales y subterráneas) en puntos de medición seleccionados mediante los que se pueda establecer el grado de contaminación de las aguas provocada por nitratos de origen agrario.
7. Los Estados miembros revisarán y, si fuere necesario, modificarán sus programas de acción, incluidas las posibles medidas adicionales que hayan adoptado con arreglo al apartado 5, al menos cada cuatro años. Comunicarán a la Comisión los cambios que introduzcan en los programas de acción.

Artículo 6

1. A fin de designar zonas vulnerables y de modificar o ampliar la lista de dichas zonas, los Estados miembros:
 - a. Dentro de un plazo de dos años a partir de la notificación de la presente Directiva, controlarán la concentración de nitratos en las aguas dulces durante un período de un año:
 - i. En las estaciones de muestreo de aguas de superficie, contempladas en el apartado 4 del artículo 5 de la Directiva 75/440/CEE y/o en otras estaciones de muestreo de aguas de superficie de los Estados miembros, por lo menos una vez al mes, y con mayor frecuencia durante los períodos de crecida;
 - ii. En las estaciones de muestreo que sean representativas de los acuíferos subterráneos de los Estados miembros, a intervalos regulares y teniendo en cuenta lo dispuesto en la Directiva 80/778/CEE;
 - b. Repetirán el programa de control establecido en la letra a) por lo menos cada cuatro años, con excepción de las estaciones de muestreo en que la concentración de nitratos de todas las muestras anteriores hubiere sido inferior a los 25 mg/l y cuando no hubieren aparecido nuevos factores que pudieren propiciar el aumento del contenido de nitrato, en cuyo caso, bastará con repetir el programa de control cada ocho años;
 - c. Revisarán el estado eutrófico de sus aguas dulces de superficie, y de sus aguas de estuario y costeras cada cuatro años.
2. Se aplicarán los métodos de medición de referencia que figuraran en el Anexo IV.

Artículo 7

Se podrán elaborar directrices para el control mencionado en los artículos 5 y 6 con arreglo al procedimiento del artículo 9.

Artículo 8

Los Anexos de la presente Directiva podrán ser adaptados al progreso científico y técnico con arreglo al procedimiento del artículo 9.

Artículo 9

1. La Comisión estará asistida por un Comité compuesto por los representantes de los Estados miembros y presidido por el representante de la Comisión.
2. El representante de la Comisión presentará al Comité un proyecto de medidas.

El Comité emitirá su dictamen sobre dicho proyecto en un plazo que su presidente podrá establecer según la urgencia del asunto. El dictamen será emitido por la mayoría cualificada establecida en el apartado 2 del artículo 148 del Tratado para las decisiones que el Consejo deba aprobar a propuesta de la Comisión. Los votos de los representantes de los Estados miembros en el seno del Comité se ponderarán según lo dispuesto en el artículo mencionado. El presidente no participará en la votación.

La Comisión adoptará las medidas proyectadas si se ajustan al dictamen del Comité.

Si las medidas proyectadas no se ajustan al dictamen del Comité, o si éste no emite dictamen alguno, la Comisión someterá al Consejo a la mayor brevedad una propuesta relativa a las medidas que deban tomarse. El Consejo se pronunciará por mayoría cualificada.

Artículo 10

1. Con respecto al período de cuatro años a partir de la notificación de la presente Directiva, y con respecto a cada período subsiguiente de cuatro años, los Estados miembros presentarán a la Comisión un informe en el que constará la información contemplada en el Anexo V.
2. El informe mencionado en el presente artículo se presentará a la Comisión dentro de los seis meses siguientes al final del período a que se refiera.

Artículo 11

Sobre la base de información recibida según lo dispuesto en el artículo 10, la Comisión publicará informes de síntesis en un plazo de seis meses a partir de la presentación de los informes por los Estados miembros y los transmitirá al Parlamento Europeo y al Consejo. A la luz de la puesta en ejecución de la Directiva y, en particular, de lo dispuesto en el Anexo III, la Comisión presentará al Consejo, a más tardar el 1 de enero de 1998, un informe acompañado cuando proceda de propuestas de revisión de la presente Directiva.

Artículo 12

1. Los Estados miembros pondrán en vigor las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a la presente Directiva en un plazo de dos años a partir de su notificación. Informarán de ello inmediatamente a la Comisión.
2. Cuando los Estados miembros adopten dichas disposiciones, éstas incluirán una referencia a la presente Directiva o irán acompañadas de dicha referencia en su publicación oficial. Los Estados miembros establecerán las modalidades de la mencionada referencia.
3. Los Estados miembros comunicarán a la Comisión los textos de las disposiciones de Derecho nacional que adoptaren en el ámbito cubierto por la presente Directiva.

Artículo 13

Los destinatarios de la presente Directiva serán los Estados miembros.

**ANEXO I CRITERIOS PARA IDENTIFICAR LAS AGUAS A QUE SE REFIERE EL APARTADO 1 DEL
ARTÍCULO 3**

- A. Las aguas contempladas en el apartado 1 del artículo 3 se identificarán utilizando, entre otros criterios, los siguientes:
1. Si las aguas dulces superficiales, en particular las que se utilicen o vayan a utilizarse para la extracción de agua potable presentan, o pueden llegar a presentar si no se actúa de conformidad con el artículo 5, una concentración de nitratos superior a la fijada de conformidad con lo dispuesto en la Directiva 75/440/CEE;
 2. Si las aguas subterráneas contienen más de 50 mg/l de nitratos, o pueden llegar a contenerlos si no se actúa de conformidad con el artículo 5;
 3. Si los lagos naturales de agua dulce, otras masas de agua dulce naturales, los estuarios, las aguas costeras y las aguas marinas son eutróficas o pueden eutrofizarse en un futuro próximo si no se actúa de conformidad con el artículo 5.
- B. Al aplicar estos criterios los Estados miembros también deberán tener en cuenta:
1. Las características físicas y ambientales de las aguas y de la tierra;
 2. Los conocimientos actuales sobre el comportamiento de los compuestos nitrogenados en el medio ambiente (aguas y suelos);
 3. Los conocimientos actuales sobre las repercusiones de las acciones llevadas a cabo de conformidad con el artículo 5.

ANEXO II CÓDIGO(S) DE BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS

- A. El código o los códigos de buenas prácticas agrarias, cuyo objetivo sea reducir la contaminación provocada por los nitratos y tener en cuenta las condiciones de las distintas regiones de la Comunidad, deberían contener disposiciones que contemplen las siguientes cuestiones, en la medida en que sean pertinentes:
1. Los períodos en que no es conveniente la aplicación de fertilizantes a las tierras;
 2. La aplicación de fertilizantes a tierras en terrenos inclinados y escarpados;
 3. La aplicación de fertilizantes a tierras en terrenos hidromorfos, inundados, helados o cubiertos de nieve;
 4. Las condiciones de aplicación de fertilizantes a tierras cercanas a cursos de agua;
 5. La capacidad y el diseño de los tanques de almacenamiento de estiércol, las medidas para evitar la contaminación del agua por escorrentía y filtración en aguas superficiales o subterráneas de líquidos que contengan estiércol y residuos procedentes de productos vegetales almacenados como el forraje ensilado;
 6. Procedimientos para la aplicación a las tierras de fertilizantes químicos y estiércol que mantengan las pérdidas de nutrientes en las aguas a un nivel aceptable, considerando tanto la periodicidad como la uniformidad de la aplicación.
- B. Los Estados miembros también podrán incluir las siguientes cuestiones en su(s) código(s) de buenas prácticas agrarias:
7. La gestión del uso de la tierra con referencia a los sistemas de rotación de cultivos y a la proporción de la superficie de tierras dedicada a cultivos permanentes en relación con cultivos anuales;
 8. El mantenimiento durante períodos (lluviosos) de un manto mínimo de vegetación que absorba el nitrógeno del suelo que, de lo contrario, podría causar fenómenos de contaminación del agua por nitratos;
 9. El establecimiento de planes de fertilización acordes con la situación particular de cada explotación y la consignación en registros del uso de fertilizantes;
 10. La prevención de la contaminación del agua por escorrentía y la filtración del agua por debajo de los sistemas radiculares de los cultivos en los sistemas de riego.

ANEXO III MEDIDAS QUE DEBERÁN INCLUIRSE EN LOS PROGRAMAS DE ACCIÓN A QUE SE REFIERE LA LETRA A) DEL APARTADO 4 DEL ARTÍCULO 5

Las medidas incluirán normas relativas a:

1. Los períodos en los que está prohibida la aplicación a las tierras de determinados tipos de fertilizantes;
2. La capacidad de los tanques de almacenamiento de estiércol; dicha capacidad deberá ser superior a la requerida para el almacenamiento de estiércol a lo largo del período más largo durante el cual esté prohibida la aplicación de estiércol a la tierra en la zona vulnerable, excepto cuando pueda demostrarse a las autoridades competentes que toda cantidad de estiércol que exceda de la capacidad real de almacenamiento será eliminada de forma que no cause daños al medio ambiente;
3. La limitación de la aplicación de fertilizantes a las tierras que sea compatible con las buenas prácticas agrarias y que tenga en cuenta las características de la zona vulnerable considerada y, en particular:
 - a) Las condiciones del suelo, el tipo de suelo y la pendiente;
 - b) Las condiciones climáticas, de pluviosidad y de riego;
 - c) Los usos de la tierra y las prácticas agrarias, incluidos los sistemas de rotación de cultivos; y deberá basarse en un equilibrio entre:
 - i) La cantidad previsible de nitrógeno que vayan a precisar los cultivos, y
 - ii) La cantidad de nitrógeno que los suelos y los fertilizantes proporcionan a los cultivos, que corresponde a:
 - La cantidad de nitrógeno presente en el suelo en el momento en que los cultivos empiezan a utilizarlo en grandes cantidades (cantidades importantes a finales del invierno),
 - El suministro de nitrógeno a través de la mineralización neta de las reservas de nitrógeno orgánico en el suelo,
 - Los aportes de compuestos nitrogenados procedentes de excrementos animales,
 - Los aportes de compuestos nitrogenados procedentes de fertilizantes químicos y otros.
2. Estas medidas evitarán que, para cada explotación o unidad ganadera, la cantidad de estiércol aplicada a la tierra cada año, incluso por los propios animales, exceda de una cantidad por hectárea especificada.

La cantidad especificada por hectárea será la cantidad de estiércol que contenga 170 kg N. No obstante:

- a) Durante los primeros programas de acción cuatrienal, los Estados miembros podrán permitir una cantidad de estiércol que contenga hasta 210 kg N;
- b) Durante y transcurrido el primer programa de acción cuatrienal, los Estados miembros podrán establecer cantidades distintas de las mencionadas anteriormente. Dichas cantidades deberán establecerse de forma que no perjudiquen el cumplimiento de los objetivos especificados en el artículo 1 y deberán justificarse con arreglo a criterios objetivos, por ejemplo:
 - Ciclos de crecimiento largos;
 - Cultivos con elevada captación de nitrógeno;
 - Alta precipitación neta en la zona vulnerable;
 - Suelos con capacidad de pérdida de nitrógeno excepcionalmente elevada.

Cuando un Estado miembro autorice una cantidad distinta con arreglo a la presente letra b), informará a la Comisión, que estudiará la justificación con arreglo al procedimiento establecido en el artículo 9.

3. Los Estados miembros podrán calcular las cantidades mencionadas en el punto 2 basándose en el número de animales.

4. Los Estados miembros informarán a la Comisión de la forma en que estén aplicando lo dispuesto en el punto 2. A la vista de la información recibida, la Comisión podrá, si lo considera necesario, presentar propuestas pertinentes al Consejo con arreglo a lo dispuesto en el artículo 11.

ANEXO IV MÉTODOS DE MEDICIÓN DE REFERENCIA

Fertilizantes químicos

La medición de los compuestos nitrogenados se efectuará con arreglo al método descrito en la Directiva 77/535/CEE de la Comisión, de 22 de junio de 1977, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los métodos de toma de muestras y de análisis de los abonos (1), cuya última modificación la constituye la Directiva 89/519/CEE (2).

Aguas dulces, costeras y marinas

La concentración de nitratos se medirá según lo establecido en el apartado 3 del artículo 4 bis de la Decisión 77/795/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1977, por la que se establece un procedimiento común de intercambio de informaciones relativo a la calidad de las aguas continentales superficiales en la Comunidad (3), modificada por la Decisión 86/574/CEE (4).

ANEXO V CONTENIDO QUE DEBERÁ FIGURAR EN LOS INFORMES A QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO

10

1. Una declaración de las medidas preventivas adoptadas de conformidad con el artículo 4.
2. Un mapa que refleje lo siguiente:
 - a) Las aguas identificadas de conformidad con el apartado 1 del artículo 3 y con el Anexo I, con indicación, para cada masa de agua, de cuál de los criterios expuestos en el Anexo I se ha seguido para la identificación;
 - b) La localización de las zonas vulnerables designadas, distinguiendo entre las zonas ya existentes y las que hayan sido designadas con posterioridad al informe anterior.
3. Un resumen del resultado del control efectuado de conformidad con el artículo 6, en el que constará una declaración de las motivaciones que hayan inducido a la designación de cada zona vulnerable, o a cualquier modificación o ampliación de las designaciones de zonas vulnerables.
4. Un resumen de los programas de acción elaborados de conformidad con el artículo 5 y, en especial, de:
 - a) Las medidas impuestas en las letras a) y b) del apartado 4 del artículo 5;
 - b) La información exigida en el punto 4 del Anexo III;
 - c) Cualquier medida o acción reforzada complementaria que se adopte de conformidad con el apartado 5 del artículo 5;
 - d) Un resumen del resultado de los programas de control aplicados en virtud del apartado 6 del artículo 5;
 - e) Las hipótesis de las que partan los Estados miembros respecto al calendario probable en que se espere que las aguas identificadas de conformidad con el apartado 1 del artículo 3 respondan a las medidas del programa de acción, junto con una indicación del grado de incertidumbre que dichas hipótesis supongan.

anexo II Fertilización

1.- Fertilización lixímetros año 1999

ABONADO LIXÍMETROS AÑO 1999

Tratamiento 1 (parcelas 2 y 5)

DIAS	AP (50 % P ₂ O ₅)	NIT. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca 15,5 % N	FERTILUQ-K (30 % K ₂ O)	DIAS	AP (50 % P ₂ O ₅)	NIT. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca 15,5 % N	FERTILUQ-K (30 % K ₂ O)
19/01/2000	111,12 g/100 cc			16/04/2000			588 g
22/01/2000				19/04/2000			
26/01/2000	111,12 g/100 cc			23/04/2000			588 g
29/01/2000				26/04/2000			
02/02/2000	111,12 g/100 cc			30/04/2000			588 g
05/02/2000				03/05/2000			
09/02/2000	111,12 g/100 cc			07/05/2000			588 g
12/02/2000				10/05/2000			
16/02/2000	111,12 g/100 cc			14/05/2000			588 g
19/02/2000				17/05/2000			
23/02/2000	111,12 g/100 cc			21/05/2000			588 g
26/02/2000				24/05/2000			
02/03/2000	111,12 g/100 cc			28/05/2000			588 g
05/03/2000				31/05/2000			
09/03/2000	111,12 g/100 cc			04/06/2000			588 g
12/03/2000				07/06/2000			
16/03/2000	111,12 g/100 cc			11/06/2000			588 g
19/03/2000			588 g	14/06/2000			
22/03/2000				18/06/2000			588 g
26/03/2000			588 g	21/06/2000			
29/03/2000				25/06/2000			588 g
02/04/2000			588 g	28/06/2000			
05/04/2000				02/07/2000			588 g
09/04/2000			588 g	05/07/2000			
12/04/2000				09/07/2000			588 g
				TOTAL	1000,08 g/900 cc	0	9996 g

Nota: Los datos de abonado del año 1999 se refieren al abonado mineral aplicado en la campaña 1999-2000 (plantación en diciembre de 1999 y recolecciones hasta julio de 2000)

Tratamiento 2 (parcelas 1 y 6)				Tratamiento 3 (parcelas 4 y 7)			
DIAS	AP (50 % P ₂ O ₅)	NIT. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca 15,5 % N	FERTILUQ-K (30 % K ₂ O)	DIAS	AP (50 % P ₂ O ₅)	NIT. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca 15,5 % N	FERTILUQ-K (30 % K ₂ O)
19/01/2000	111,12 g/100 cc			19/01/2000	111,12 g/100 cc		
22/01/2000		60 g		22/01/2000		182 g	
26/01/2000	111,12 g/100 cc			26/01/2000	111,12 g/100 cc		
29/01/2000		60 g		29/01/2000		182 g	
02/02/2000	111,12 g/100 cc			02/02/2000	111,12 g/100 cc		
05/02/2000		60 g		05/02/2000		182 g	
09/02/2000	111,12 g/100 cc			09/02/2000	111,12 g/100 cc		
12/02/2000		60 g		12/02/2000		182 g	
16/02/2000	111,12 g/100 cc			16/02/2000	111,12 g/100 cc		
19/02/2000		60 g		19/02/2000		182 g	
23/02/2000	111,12 g/100 cc			23/02/2000	111,12 g/100 cc		
26/02/2000		60 g		26/02/2000		182 g	
02/03/2000	111,12 g/100 cc			02/03/2000	111,12 g/100 cc		
05/03/2000		60 g		05/03/2000		182 g	
09/03/2000	111,12 g/100 cc			09/03/2000	111,12 g/100 cc		
12/03/2000		60 g		12/03/2000		182 g	
16/03/2000	111,12 g/100 cc			16/03/2000	111,12 g/100 cc		
19/03/2000			588 g	19/03/2000			588 g
22/03/2000		363 g		22/03/2000		1089 g	
26/03/2000			588 g	26/03/2000			588 g
29/03/2000		363 g		29/03/2000		1089 g	
02/04/2000			588 g	02/04/2000			588 g
05/04/2000		363 g		05/04/2000		1089 g	
09/04/2000			588 g	09/04/2000			588 g
12/04/2000		363 g		12/04/2000		1089 g	
16/04/2000			588 g	16/04/2000			588 g
19/04/2000		363 g		19/04/2000		725 g	
23/04/2000			588 g	23/04/2000			588 g
26/04/2000		363 g		26/04/2000		725 g	
30/04/2000			588 g	30/04/2000			588 g
03/05/2000		363 g		03/05/2000		725 g	
07/05/2000			588 g	07/05/2000			588 g
10/05/2000		363 g		10/05/2000		725 g	
14/05/2000			588 g	14/05/2000			588 g
17/05/2000		181 g		17/05/2000		364 g	
21/05/2000			588 g	21/05/2000			588 g
24/05/2000		181 g		24/05/2000		364 g	
28/05/2000			588 g	28/05/2000			588 g
31/05/2000		181 g		31/05/2000		364 g	
04/06/2000			588 g	04/06/2000			588 g
07/06/2000		181 g		07/06/2000		364 g	
11/06/2000			588 g	11/06/2000			588 g
14/06/2000		181 g		14/06/2000		364 g	
18/06/2000			588 g	18/06/2000			588 g
21/06/2000		181 g		21/06/2000		364 g	
25/06/2000			588 g	25/06/2000			588 g
28/06/2000		181 g		28/06/2000		364 g	
02/07/2000			588 g	02/07/2000			588 g
05/07/2000		181 g		05/07/2000		364 g	
09/07/2000			588 g	09/07/2000			588 g
TOTAL	1000,08 g/900 cc	4832 g	9996 g	TOTAL	1000,08 g/900 cc	9680 g	9996 g

Tratamiento 4 (parcelas 3 y 8)

DÍAS	AP (50 % P ₂ O ₅)	NIT. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca 15,5 % N)	FERTILUQ-K (30 % K ₂ O)
19/01/2000	111,12 g/100 cc		
22/01/2000		121 g	
26/01/2000	111,12 g/100 cc		
29/01/2000		121 g	
02/02/2000	111,12 g/100 cc		
05/02/2000		121 g	
09/02/2000	111,12 g/100 cc		
12/02/2000		121 g	
16/02/2000	111,12 g/100 cc		
19/02/2000		121 g	
23/02/2000	111,12 g/100 cc		
26/02/2000		121 g	
02/03/2000	111,12 g/100 cc		
05/03/2000		121 g	
09/03/2000	111,12 g/100 cc		
12/03/2000		121 g	
16/03/2000	111,12 g/100 cc		
19/03/2000			588 g
22/03/2000		725 g	
26/03/2000			588 g
29/03/2000		725 g	
02/04/2000			588 g
05/04/2000		725 g	
09/04/2000			588 g
12/04/2000		725 g	
16/04/2000			588 g
19/04/2000		1089 g	
23/04/2000			588 g
26/04/2000		1089 g	
30/04/2000			588 g
03/05/2000		1089 g	
07/05/2000			588 g
10/05/2000		1089 g	
14/05/2000			588 g
17/05/2000		543 g	
21/05/2000			588 g
24/05/2000		543 g	
28/05/2000			588 g
31/05/2000		543 g	
04/06/2000			588 g
07/06/2000		543 g	
11/06/2000			588 g
14/06/2000		543 g	
18/06/2000			588 g
21/06/2000		543 g	
25/06/2000			588 g
28/06/2000		543 g	
02/07/2000			588 g
05/07/2000		543 g	
09/07/2000			588 g
TOTAL	1000,08 g/900 cc	14.512 g	9.996 g

**RESUMEN FERTILIZACIÓN APLICADA
AÑO 1999**

DÍAS	AP (50 % P ₂ O ₅) cc/m ²	NIT. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca 15,5 % N) g/m ²	FERTILUQ-K (30 % K ₂ O) g/m ²
T-1	20	0	199,92
T-2	20	96,64	199,92
T-3	20	193,6	199,92
T-4	20	290,24	199,92

2.- Fertilización lixímetros año 2000

ABONADO LIXÍMETROS AÑO 2000

Tratamiento 1 (parcelas 2 y 5)

FECHA	A.F.	NIT. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca	SEQUESTRENE	MICROELEMENTOS	SULFATO POTÁSICO K ₂ SO ₄
17-01-2001	100 cc				
21-01-2001		0 g			
24-01-2001	100 cc				
28-01-2001		0 g			
31-01-2001	100 cc				
04-02-2001		0 g			
07-02-2001	100 cc				
11-02-2001		0 g			
14-02-2001	100 cc				
18-02-2001		0 g			
21-02-2001	100 cc				
25-02-2001		0 g			
28-02-2001	100 cc				
03-03-2001		0 g			
06-03-2001	100 cc				
10-03-2001		0 g			
13-03-2001	100 cc				
15-03-2001			15 g		
17-03-2001					588 g
20-03-2001		0 g			
22-03-2001			15 g		
24-03-2001					588 g
27-03-2001		0 g			
29-03-2001			15 g		
31-03-2001					588 g
03-04-2001		0 g			
05-04-2001					
07-04-2001					588 g
10-04-2001		0 g			
12-04-2001			15 g		
14-04-2001					588 g
17-04-2001		0 g			
19-04-2001			15 g		
21-04-2001					588 g
24-04-2001		0 g			
26-04-2001			15 g		
28-04-2001					588 g
01-05-2001		0 g			
05-05-2001					588 g
09-05-2001		0 g			
12-05-2001					588 g
15-05-2001		0 g			
16-05-2001	150 cc				
17-05-2001			20 g		
19-05-2001					588 g
22-05-2001		0 g			

Tratamiento 1 (parcelas 2 y 5) (continuación)

FECHA	A.F.	NIT. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca	SEQUESTRENE	MICROELEMENTOS	SULFATO POTÁSICO K ₂ SO ₄
24-05-2001				100 g	
26-05-2001					588 g
29-05-2001		0 g			
02-06-2001					588 g
05-06-2001		0 g			
09-06-2001					588 g
12-06-2001		0 g			
13-06-2001			25 g		
19-06-2001		0 g			
20-06-2001					588 g
23-06-2001					588 g
26-06-2001		0 g			
30-06-2001					588 g
03-07-2001		0 g			
TOTAL	1050 cc	0 g	135 g	100 g	9408 g

Tratamiento 2 (parcelas 1 y 6)

FECHA	A.F.	NIT. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca	SEQUESTRENE	MICROELEMENTOS	SULFATO POTÁSICO K ₂ SO ₄
17-01-2001	100 cc				
21-01-2001		60g			
24-01-2001	100 cc				
28-01-2001		60 g			
31-01-2001	100 cc				
04-02-2001		60 g			
07-02-2001	100 cc				
11-02-2001		60 g			
14-02-2001	100 cc				
18-02-2001		60 g			
21-02-2001	100 cc				
25-02-2001		60 g			
28-02-2001	100 cc				
03-03-2001		60 g			
06-03-2001	100 cc				
10-03-2001		60 g			
13-03-2001	100 cc				
15-03-2001			15 g		
17-03-2001					588 g
20-03-2001		363 g			
22-03-2001			15 g		
24-03-2001					588 g
27-03-2001		363 g			
29-03-2001			15 g		
31-03-2001					588 g
03-04-2001		363 g			
05-04-2001					
07-04-2001					588 g
10-04-2001		363 g			
12-04-2001			15 g		
14-04-2001					588 g

Tratamiento 2 (parcelas 1 y 6) (continuación)

FECHA	A.F.	NIT. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca	SEQUESTRENE	MICROELEMENTOS	SULFATO POTÁSICO K ₂ SO ₄
17-04-2001		363 g			
19-04-2001			15 g		
21-04-2001					588 g
24-04-2001		363 g			
26-04-2001			15 g		
28-04-2001					588 g
01-05-2001		363 g			
05-05-2001					588 g
09-05-2001		363 g			
12-05-2001					588 g
15-05-2001		181 g			
16-05-2001	150 cc				
17-05-2001			20 g		
19-05-2001					588 g
22-05-2001		181 g			
24-05-2001				100 g	
26-05-2001					588 g
29-05-2001		181 g			
02-06-2001					588 g
05-06-2001		181 g			
09-06-2001					588 g
12-06-2001		181 g			
13-06-2001			25 g		
19-06-2001		181 g			
20-06-2001					588 g
23-06-2001					588 g
26-06-2001		181 g			
30-06-2001					588 g
03-07-2001		181 g			
TOTAL	1050 cc	4832 g	135 g	100 g	9408 g

Tratamiento 3 (parcelas 4 y 7)

FECHA	A.F.	NIT. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca	SEQUESTRENE	MICROELEMENTOS	SULFATO POTÁSICO K ₂ SO ₄
17-01-2001	100 cc				
21-01-2001		121 g			
24-01-2001	100 cc				
28-01-2001		121 g			
31-01-2001	100 cc				
04-02-2001		121 g			
07-02-2001	100 cc				
11-02-2001		121 g			
14-02-2001	100 cc				
18-02-2001		121 g			
21-02-2001	100 cc				
25-02-2001		121 g			
28-02-2001	100 cc				
03-03-2001		121 g			
06-03-2001	100 cc				
10-03-2001		121 g			

Tratamiento 3 (parcelas 4 y 7) (continuación)

FECHA	A.E.	NIT. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca	SEQUESTRENE	MICROELEMENTOS	SULFATO POTÁSICO K ₂ SO ₄
13-03-2001	100 cc				
15-03-2001			15 g		
17-03-2001					588 g
20-03-2001		725 g			
22-03-2001			15 g		
24-03-2001					588 g
27-03-2001		725 g			
29-03-2001			15 g		
31-03-2001					588 g
03-04-2001		725 g			
05-04-2001					
07-04-2001					588 g
10-04-2001		725 g			
12-04-2001			15 g		
14-04-2001					588 g
17-04-2001		725 g			
19-04-2001			15 g		
21-04-2001					588 g
24-04-2001		725 g			
26-04-2001			15 g		
28-04-2001					588 g
01-05-2001		725 g			
05-05-2001					588 g
09-05-2001		725 g			
12-05-2001					588 g
15-05-2001		364 g			
16-05-2001	150 cc				
17-05-2001			20 g		
19-05-2001					588 g
22-05-2001		364 g			
24-05-2001				100 g	
26-05-2001					588 g
29-05-2001		364 g			
02-06-2001					588 g
05-06-2001		364 g			
09-06-2001					588 g
12-06-2001		364 g			
13-06-2001			25 g		
19-06-2001		364 g			
20-06-2001					588 g
23-06-2001					588 g
26-06-2001		364 g			
30-06-2001					588 g
03-07-2001		364 g			
TOTAL	1050 cc	9680 g	135 g	100 g	9408 g

Tratamiento 4 (parcelas 3 y 8)

FECHA	A.F.	NIT. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca	SEQUESTRENE	MICROELEMENTOS	SULFATO POTÁSICO K ₂ SO ₄
17-01-2001	100 cc				
21-01-2001		182 g			
24-01-2001	100 cc				
28-01-2001		182 g			
31-01-2001	100 cc				
04-02-2001		182 g			
07-02-2001	100 cc				
11-02-2001		182 g			
14-02-2001	100 cc				
18-02-2001		182 g			
21-02-2001	100 cc				
25-02-2001		182 g			
28-02-2001	100 cc				
03-03-2001		182 g			
06-03-2001	100 cc				
10-03-2001		182 g			
13-03-2001	100 cc				
15-03-2001			15 g		
17-03-2001					588 g
20-03-2001		1089 g			
22-03-2001			15 g		
24-03-2001					588 g
27-03-2001		1089 g			
29-03-2001			15 g		
31-03-2001					588 g
03-04-2001		1089 g			
05-04-2001					
07-04-2001					588 g
10-04-2001		1089 g			
12-04-2001			15 g		
14-04-2001					588 g
17-04-2001		1089 g			
19-04-2001			15 g		
21-04-2001					588 g
24-04-2001		1089 g			
26-04-2001			15 g		
28-04-2001					588 g
01-05-2001		1089 g			
05-05-2001					588 g
09-05-2001		1089 g			
12-05-2001					588 g
15-05-2001		543 g			
16-05-2001	150 cc				
17-05-2001			20 g		
19-05-2001					588 g
22-05-2001		543 g			
24-05-2001				100 g	
26-05-2001					588 g
29-05-2001		543 g			
02-06-2001					588 g
05-06-2001		543 g			

Tratamiento 4 (parcelas 3 y 8) (continuación)

FECHA	A.F.	NIT. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca	SEQUESTRENE	MICROELEMENTOS	SULFATO POTÁSICO K ₂ SO ₄
09-06-2001					588 g
12-06-2001		543 g			
13-06-2001			25 g		
19-06-2001		543 g			
20-06-2001					588 g
23-06-2001					588 g
26-06-2001		543 g			
30-06-2001					588 g
03-07-2001		543 g			
TOTAL	1050 cc	14512 g	135 g	100 g	9408 g

RESUMEN FERTILIZACIÓN APLICADA AÑO 2000

TRAT.	AP (50 % P ₂ O ₅) cc/m ²	NITRATO CALCICO g/m ²	SULFATO POTÁSICO K ₂ SO ₄ g/m ²	SEQUESTRENE (6 % Fe) g/m ²	MICROELEMENTOS (6,6 % Mg) g/m ²
T-1	21	0	188,16	2,7	2
T-2	21	96,64	188,16	2,7	2
T-3	21	193,6	188,16	2,7	2
T-4	21	290,24	188,16	2,7	2

3.- Fertilización lixímetros año 2001

ABONADO LIXÍMETROS AÑO 2001

Tratamiento 1 (parcelas 2 y 5)

FECHA	A.F.	NIT. CÁLCICO	SEQUESTRENE	SULFATO POTÁSICO	ROMBIQUEL
19/12/2001	100 cc				
22/12/2001					
27/12/2001	100 cc				
29/12/2001					
03/01/2002	100 cc				
05/01/2002					
09/01/2002	100 cc				
12/01/2002					
16/01/2002	100 cc				
19/01/2002					
23/01/2002	100 cc				
26/01/2002					
30/01/2002	100 cc				
02/01/2002					
06/01/2002	100 cc				
09/02/2002					
13/02/2002	100 cc				
14/02/2002			80 g		
16/02/2002					
20/02/2002				470 g	
23/02/2002					
27/02/2002				470 g	
02/03/2002					
05/03/2002				470 g	
09/03/2002					
12/03/2002				470 g	
14/03/2002	150 cc				
16/03/2002					
20/03/2002				470 g	
22/03/2002					70 cc
23/03/2002					
26/03/2002				470 g	
28/03/2002					
02/04/2002				470 g	
05/04/2002					
10/04/2002				470 g	
12/04/2002					
16/04/2002				470 g	
19/04/2002					
24/04/2002				470 g	
27/04/2002					
30/04/2002				470 g	
04/05/2002					
08/05/2002				470 g	
10/05/2002	150 cc				
11/05/2002					

Tratamiento 1 (parcelas 2 y 5) (Continuación)

FECHA	A.F.	NIT. CÁLCICO	SEQUESTRENE	SULFATO POTÁSICO	ROMBIQUEL
14/05/2002				470 g	
18/05/2002					
21/05/2002				470 g	
25/05/2002					
28/05/2002				470 g	
31/05/2002					300 Micro
01/06/2002				470 g	
04/06/2002					
07/06/2002					
11/06/2002				470 g	
14/06/2002					
19/06/2002				470 g	
26/06/2002				470 g	
TOTAL	1200 cc	0 g	80 g	8930 g	

Tratamiento 2 (parcelas 1 y 6)

FECHA	A.F.	NIT. CÁLCICO	SEQUESTRENE	SULFATO POTÁSICO	ROMBIQUEL
19/12/2001	100 cc				
22/12/2001		60 g			
27/12/2001	100 cc				
29/12/2001		60 g			
03/01/2002	100 cc				
05/01/2002		60 g			
09/01/2002	100 cc				
12/01/2002		60 g			
16/01/2002	100 cc				
19/01/2002		60 g			
23/01/2002	100 cc				
26/01/2002		60 g			
30/01/2002	100 cc				
02/01/2002		60 g			
06/01/2002	100 cc				
09/02/2002		60 g			
13/02/2002	100 cc				
14/02/2002			80 g		
16/02/2002		340 g			
20/02/2002				470 g	
23/02/2002		340 g			
27/02/2002				470 g	
02/03/2002		340 g			
05/03/2002				470 g	
09/03/2002		340 g			
12/03/2002				470 g	
14/03/2002	150 cc				
16/03/2002		340 g			
20/03/2002				470 g	
22/03/2002					70 cc
23/03/2002		340 g			
26/03/2002				470 g	
28/03/2002		340 g			

Tratamiento 2 (parcelas 1 y 6) (Continuación)

FECHA	A.F.	NIT. CÁLCICO	SEQUESTRENE	SULFATO POTÁSICO	ROMBIQUEL
02/04/2002				470 g	
05/04/2002		340 g			
10/04/2002				470 g	
12/04/2002		150 g			
16/04/2002				470 g	
19/04/2002		150 g			
24/04/2002				470 g	
27/04/2002		150 g			
30/04/2002				470 g	
04/05/2002		150 g			
08/05/2002				470 g	
10/05/2002	150 cc				
11/05/2002		150 g			
14/05/2002				470 g	
18/05/2002		150 g			
21/05/2002				470 g	
25/05/2002		150 g			
28/05/2002				470 g	
31/05/2002					300 micro
01/06/2002				470 g	
04/06/2002		150 g			
07/06/2002		108 g			
11/06/2002				470 g	
14/06/2002		108 g			
19/06/2002				470 g	
26/06/2002				470 g	
TOTAL	1200 cc	4616 g	80 g	8930 g	

Tratamiento 3 (parcelas 4 y 7)

FECHA	A.F.	NIT. CÁLCICO	SEQUESTRENE	SULFATO POTÁSICO	ROMBIQUEL
19/12/2001	100 cc				
22/12/2001		121 g			
27/12/2001	100 cc				
29/12/2001		121 g			
03/01/2002	100 cc				
05/01/2002		121 g			
09/01/2002	100 cc				
12/01/2002		121 g			
16/01/2002	100 cc				
19/01/2002		121 g			
23/01/2002	100 cc				
26/01/2002		121 g			
30/01/2002	100 cc				
02/01/2002		121 g			
06/01/2002	100 cc				
09/02/2002		121 g			
13/02/2002	100 cc				
14/02/2002			80 g		
16/02/2002		700 g			

Tratamiento 3 (parcelas 4 y 7) (Continuación)

FECHA	A.F.	NIT. CÁLCICO	SEQUESTRENE	SULFATO POTÁSICO	ROMBIQUEL
20/02/2002				470 g	
23/02/2002		700 g			
27/02/2002				470 g	
02/03/2002		700 g			
05/03/2002				470 g	
09/03/2002		700 g			
12/03/2002				470 g	
14/03/2002	150 cc				
16/03/2002		700 g			
20/03/2002				470 g	
22/03/2002					70 cc
23/03/2002		700 g			
26/03/2002				470 g	
28/03/2002		700 g			
02/04/2002				470 g	
05/04/2002		300 g			
10/04/2002				470 g	
12/04/2002		300 g			
16/04/2002				470 g	
19/04/2002		300 g			
24/04/2002				470 g	
27/04/2002		300 g			
30/04/2002				470 g	
04/05/2002		300 g			
08/05/2002				470 g	
10/05/2002	150 cc				
11/05/2002		300 g			
14/05/2002				470 g	
18/05/2002		300 g			
21/05/2002				470 g	
25/05/2002		300 g			
28/05/2002				470 g	
31/05/2002					300 micro
01/06/2002				470 g	
04/06/2002		300 g			
07/06/2002		178 g			
11/06/2002				470 g	
14/06/2002		178 g			
19/06/2002				470 g	
26/06/2002				470 g	
TOTAL	1200 cc	8924 g	80 g	8930 g	

Tratamiento 4(parcelas 3 y 8)

FECHA	A.F.	NIT. CÁLCICO	SEQUESTRENE	SULFATO POTÁSICO	ROMBIQUEL
19/12/2001	100 cc				
22/12/2001		182 g			
27/12/2001	100 cc				
29/12/2001		182 g			
03/01/2002	100 cc				
05/01/2002		182 g			
09/01/2002	100 cc				
12/01/2002		182 g			
16/01/2002	100 cc				
19/01/2002		182 g			
23/01/2002	100 cc				
26/01/2002		0 g			
30/01/2002					
02/01/2002		182 g			
06/01/2002	100 cc				
09/02/2002	100 cc	182 g			
13/02/2002	100 cc				
14/02/2002			80 g		
16/02/2002		1000 g			
20/02/2002				470 g	
23/02/2002		1000 g			
27/02/2002				470 g	
02/03/2002		1000 g			
05/03/2002				470 g	
09/03/2002		1000 g			
12/03/2002				470 g	
14/03/2002	150 cc				
16/03/2002		1000 g			
20/03/2002				470 g	
22/03/2002					70 cc
23/03/2002		1000 g			
26/03/2002				470 g	
28/03/2002		1000 g			
02/04/2002				470 g	
05/04/2002		500 g			
10/04/2002				470 g	
12/04/2002		500 g			
16/04/2002				470 g	
19/04/2002		500 g			
24/04/2002				470 g	
27/04/2002		500 g			
30/04/2002				470 g	
04/05/2002		500 g			
08/05/2002				470 g	
10/05/2002	150 cc				
11/05/2002		500 g			
14/05/2002				470 g	
18/05/2002		500 g			
21/05/2002				470 g	
25/05/2002		500 g			
28/05/2002				470 g	

Tratamiento 4 (parcelas 3 y 8) (Continuación)

FECHA	A.F.	NIT. CÁLCICO	SEQUESTRENE	SULFATO POTÁSICO	ROMBIQUEL
31/05/2002					300 micro
01/06/2002				470 g	
04/06/2002		500 g			
07/06/2002		274 g			
11/06/2002				470 g	
14/06/2002		274 g			
19/06/2002				470 g	
26/06/2002				470 g	
TOTAL	1.200 cc	13.322 g	80 g	8.930 g	

RESUMEN FERTILIZACIÓN APLICADA AÑO 2001

TRAT.	AP (50 % P ₂ O ₅) cc/m ²	NIT. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca g/m ²	SULFATO POTÁSICO K ₂ SO ₄ g/m ²	SEQUESTRENE (6 % Fe) g/m ²	MICROELEMENTOS (6,6 % Mg) g/m ²
T-1	24	178,6	0	1,6	1,4
T-2	24	178,6	92,32	1,6	1,4
T-3	24	178,6	178,48	1,6	1,4
T-4	24	178,6	266,44	1,6	1,4

4.- Fertilización lixímetros año 2002

DISTRIBUCIÓN DEL ABONADO SOBRE PIMIENTOS AÑO 2002

Todas las parcelas

FECHA	A.FOSFÓRICO	NIT. CÁLCICO	SULF. POTÁSICO	ROMBIQUEL Mg	ROMBIQUEL Mn/Zn
16-01-2003	150 cc				
23-01-2003		200 g			
30-01-2003	200 gr		300 g		
05-02-2003		200 g		300 cc	
15-02-2003	100 cc		300 g		
19-02-2003				300 cc	
21-02-2003		100 g			
26-02-2003					300 cc
28-02-2003		200 g			
07-03-2003				300 cc	
12-03-2003			300 g		
14-03-2003	50 cc				
21-03-2003		200 g			
22-03-2003			300 g		
26-03-2003				400 cc	200 cc
05-04-2003		400 g			
09-04-2003			600 g		
10-04-2003		500 g			
12-04-2003				500 cc	
15-04-2003					300 cc
17-04-2003			300 g		
19-04-2003		300 g			
23-04-2003	100 cc				
24-04-2003				500 cc	
26-04-2003		400 g			
02-05-2003			500 g		
09-05-2003		300 g			
15-05-2003				500 cc	
17-05-2003		300 g			
21-05-2003		300 g			
22-05-2003			400 g		
28-05-2003	155 cc				
30-05-2003			400 g		
06-06-2003			300 g		
11-06-2003		400 g			
14-06-2003			400 g		
17-06-2003					300 cc
21-06-2003		285 g			
TOTAL	755 cc	4085 g	3800 g	3100 cc	1100 cc

RESUMEN FERTILIZACIÓN APLICADA AÑO 2002

TRAT.	AP (50 % P ₂ O ₅) cc/m ²	NIT. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca g/m ²	SULF. POTÁSICO K ₂ SO ₄ g/m ²	ROMBIQUEL (6,6 % Mg) g/m ²	ROMBIQUEL (3,3 % Mn Y 2,5 % Zn) cc/m ²
T-1, T-2, T-3	15,1	81,7	76	62	22

5.- Fertilización lixímetros año 2003

DISTRIBUCIÓN DEL ABONADO SOBRE PIMIENTO AÑO 2003

Tratamiento 2 .Parcelas Producción Integrada (g. o cc.) (Parcelas 2 y 6)

FECHA	A.FOSFÓRICO	NIT. CÁLCICO	NIT. POTÁSICO	SULF. DE MAGNESIO
13-01-2004	150 cc			
28-01-2004		200 g		
29-01-2004			200 g	
10-02-2004		NUEVA	PLANTACIÓN	
03-03-2004	100 cc			
06-03-2004		200 g		
11-03-2004			200 g	
13-03-2004	100 cc			
21-03-2004				100 g
26-03-2004			100 g	
27-03-2004		100 g		
29-03-2004				200 g
02-04-2004		100 g		
04-04-2004	100 cc			
08-04-2004				200 g
10-04-2004		100 g		
17-04-2004				200 g
21-04-2004	100 cc			
24-04-2004		100 g		
28-04-2004			200 g	
02-05-2004		200 g		
05-05-2004			200 g	
08-05-2004		200 g		
13-05-2004				200 g
16-05-2004			200 g	
20-05-2004				100 g
22-05-2004		200 g		
26-05-2004	100 cc			
28-05-2004			100 g	
29-05-2004		200 g		
03-06-2004			300 g	
05-06-2004		200 g		
10-06-2004				200 g
13-06-2004			200 g	
17-06-2004	100 cc			
19-06-2004		200 g		
23-06-2004			200 g	
25-06-2004			100 g	
27-06-2004				200 g
03-07-2004		200 g		
04-07-2004			200 g	
07-07-2004	120 cc			
09-07-2004			400 g	
11-07-2004		300 g		
15-07-2004			400 g	
17-07-2004		175 g		
21-07-2004				160 g
22-07-2004			275 g	
ABONADO TOTAL	870 cc	2675 g	3275 g	1560 g
SOLO NUEVO CULTIVO	720 cc	2475 g	3075 g	1560 g

Tratamiento 3 .Parcelas Cultivo Convencional (g. o cc.) (Parcelas 3, 7 y 8)

FECHA	A.FOSFÓRICO	NIT. CÁLCICO	NIT. POTÁSICO	SULF. DE MAGNESIO
13-01-2004	300 cc			
28-01-2004		400 g		
29-01-2004			400 g	
10-02-2004		NUEVA	PLANTACIÓN	
03-03-2004	200 cc			
06-03-2004		400 g		
11-03-2004			400 g	
13-03-2004	200 cc			
21-03-2004				200 g
26-03-2004			200 g	
27-03-2004		200 g		
29-03-2004				400 g
02-04-2004		200 g		
04-04-2004	200 cc			
08-04-2004				400 g
10-04-2004		200 g		
17-04-2004				400 g
21-04-2004	200 cc			
24-04-2004		200 g		
28-04-2004			400 g	
02-05-2004		400 g		
05-05-2004			400 g	
08-05-2004		400 g		
13-05-2004				400 g
16-05-2004			400 g	
20-05-2004				200 g
22-05-2004		400 g		
26-05-2004	200 cc			
28-05-2004			200 g	
29-05-2004		400 g		
03-06-2004			600 g	
05-06-2004		400 g		
10-06-2004				400 g
13-06-2004			400 g	
17-06-2004	200 cc			
19-06-2004		400 g		
23-06-2004			400 g	
25-06-2004			200 g	
27-06-2004				400 g
03-07-2004		400 g		
04-07-2004			400 g	
07-07-2004	240 cc			
09-07-2004			800 g	
11-07-2004		600 g		
15-07-2004			800 g	
17-07-2004		350 g		
21-07-2004				320 g
22-07-2004			550 g	
ABONADO TOTAL	1740 cc	5350 g	6550 g	3120 g
SOLO NUEVO CULTIVO	1440 cc	4950 g	6150 g	3120 g

RESUMEN FERTILIZACIÓN APLICADA AÑO 2003

TRAT.	AP (50 % P ₂ O ₅) cc/m ²	N. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca g/m ²	NIT. POTÁSICO KNO ₃ g/m ²	SULF. DE MAGNESIO MgSO ₄ g/m ²
T-1	0	0	0	0
T-2	17,4	53,5	65,5	31,2
T-3	34,8	107	131	62,4

6.- Fertilización lixímetros año 2004

Tratamiento 2. Parcelas Producción Integrada (g. o cc.) (Parcelas 2 y 6)

FECHA	A.FOSFÓRICO	NIT. CÁLCICO	NIT. POTÁSICO	SULF. DE MAGNESIO
16-01-2005		200 g		
22-01-2005	100 cc			
28-01-2005				100 g
04-02-2005			200 g	
06-02-2005	150 cc			
10-02-2005		200 g		
13-02-2005				200 g
20-02-2005		200 g		
27-02-2005			200 g	
04-03-2005				200 g
08-03-2005			100 g	
16-03-2005				200 g
18-03-2005		200 g		
22-03-2005	100 cc			
25-03-2005		200 g		
29-03-2005				300 g
31-03-2005			300 g	
02-04-2005		200 g		
07-04-2005			200 g	
12-04-2005		200 g		
19-04-2005	200 cc			
22-04-2005			300 g	
23-04-2005				100 g
26-04-2005				100 g
27-04-2005			100 g	
29-04-2005			100 g	
30-04-2005	100 cc			
03-05-2005		200 g		
05-05-2005	50 cc			
10-05-2005		100 g		
11-05-2005			200 g	
13-05-2005		100 g		
18-05-2005				200 g
20-05-2005		100 g		
25-05-2005			200 g	
27-05-2005		100 g		
28-05-2005	120 cc			
01-06-2005			300 g	
08-06-2005		200 g		
14-06-2005			100 g	
15-06-2005				160 g
21-06-2005		100 g		

Tratamiento 2 .Parcelas Producción Integrada (g. o cc.) (Parcelas 2 y 6) (Continuación)

FECHA	A.FOSFÓRICO	NIT. CÁLCICO	NIT. POTÁSICO	SULF. DE MAGNESIO
25-06-2005			200 g	
05-07-2005			200 g	
06-07-2005		125 g		
19-07-2005			235 g	
ABONADO TOTAL	820 cc	2425 g	2935 g	1560 g

Tratamiento 3 .Parcelas Cultivo Convencional (g. o cc.) (Parcelas 3, 7 y 8)

FECHA	A.FOSFÓRICO	NIT. CÁLCICO	NIT. POTÁSICO	SULF. DE MAGNESIO
16-01-2005		400 g		
22-01-2005	200 cc			
28-01-2005				200 g
04-02-2005			400 g	
06-02-2005	300 cc			
10-02-2005		400 g		
13-02-2005				400 g
20-02-2005		400 g		
27-02-2005			400 g	
04-03-2005				400 g
08-03-2005			200 g	
16-03-2005				400 g
18-03-2005		400 g		
22-03-2005	200 cc			
25-03-2005		400 g		
29-03-2005				600 g
31-03-2005			600 g	
02-04-2005		400 g		
07-04-2005			400 g	
12-04-2005		400 g		
19-04-2005	400 cc			
22-04-2005			600 g	
23-04-2005				200 g
26-04-2005				200 g
27-04-2005			200 g	
29-04-2005			200 g	
30-04-2005	200 cc			
03-05-2005		400 g		
05-05-2005	100 cc			
10-05-2005		200 g		
11-05-2005			400 g	
13-05-2005		200 g		
18-05-2005				400 g
20-05-2005		200 g		
25-05-2005			400 g	
27-05-2005		200 g		
28-05-2005	240 cc			
01-06-2005			600 g	
08-06-2005		400 g		
14-06-2005			200 g	
15-06-2005				320 g
21-06-2005		200 g		

Tratamiento 3 .Parcelas Cultivo Convencional (g. o cc.) (Parcelas 3, 7 y 8) (Continuación)

FECHA	A.FOSFÓRICO	NIT. CÁLCICO	NIT. POTÁSICO	SULF. DE MAGNESIO
25-06-2005			400 g	
05-07-2005			400 g	
06-07-2005		250 g		
19-07-2005			470 g	
ABONADO TOTAL	1640 cc	4850 g	5870 g	3120 g

RESUMEN FERTILIZACIÓN APLICADA AÑO 2004

TRAT.	AP (50 % P ₂ O ₅) cc/m ²	N. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca g/m ²	NIT. POTÁSICO KNO ₃ g/m ²	SULF. DE MAGNESIO MgSO ₄ g/m ²
T-1	0	0	0	0
T-2	16,4	48,5	58,7	31,2
T-3	32,8	97	117,4	62,4

7.- Fertilización lixímetros año 2005

Programa de Fertilización por Lixímetro (50 m²). Producción Integrada

FECHA	A.FOSFÓRICO (cc)	NIT. CÁLCICO (gr)	NIT. POTÁSICO (gr)	SULE. DE MAGNESIO (gr)
13/02/2006	150			
23/02/2006	150			
27/02/2006			200	
02/03/2006		200		
08/03/2006		200		
10/03/2006				300
16/03/2006			200	
31/03/2006	150			200
23/03/2006			200	
24/03/2006	50		200	
30/03/2006		200		
03/04/2006	100		100	
05/04/2006		200		
10/04/2006			300	
12/04/2006				200
17/04/2006			200	
19/04/2006	50		200	
24/04/2006		200		
26/04/2006				300
02/05/2006	50		335	
03/05/2006		200		

Programa de Fertilización por Lixímetro (50 m²). Producción Integrada (Continuación)

FECHA	A.FOSFÓRICO (cc)	NIT. CÁLCICO (gr)	NIT. POTÁSICO (gr)	SULF. DE MAGNESIO (gr)
08/05/2006		100		
10/05/2006				200
15/05/2006		200		
19/05/2006	50		200	
23/05/2006				200
26/05/2006			300	
02/06/2006		200		
05/06/2006	70		100	
08/06/2006		100		
12/06/2006				160
14/06/2006		100		
17/06/2006			200	
19/06/2006		100		
23/06/2006			200	
28/06/2006		100		
03/07/2006		75		
TOTAL	820	2175	2935	1560

Programa de Fertilización por Lixímetro (50 m²). Cultivo Convencional

FECHA	A.FOSFÓRICO (cc)	NIT. CÁLCICO (gr)	NIT. POTÁSICO (gr)	SULF. DE MAGNESIO (gr)
13/02/2006	300			
23/02/2006	300			
27/02/2006			400	
02/03/2006		400		
08/03/2006		400		
10/03/2006				600
16/03/2006			400	
31/03/2006	300			400
23/03/2006			400	
24/03/2006	100		400	
30/03/2006		400		
03/04/2006	200		200	
05/04/2006		400		
10/04/2006			600	
12/04/2006				400
17/04/2006			400	
19/04/2006	100		400	
24/04/2006		400		
26/04/2006				600
02/05/2006	100		670	
03/05/2006		400		
08/05/2006		200		
10/05/2006				400
15/05/2006		400		
19/05/2006	100		400	
23/05/2006				400
26/05/2006			600	
02/06/2006		400		
05/06/2006	140		200	

Programa de Fertilización por Lixímetro (50 m²). Cultivo Convencional (Continuación)

FECHA	A.FOSFÓRICO (cc)	NIT. CÁLCICO (gr)	NIT. POTÁSICO (gr)	SULF. DE MAGNESIO (gr)
08/06/2006		200		
12/06/2006				320
14/06/2006		200		
17/06/2006			400	
19/06/2006		200		
23/06/2006			400	
28/06/2006		200		
03/07/2006		150		
TOTAL	1640	4350	5870	3120

8.- Fertilización lixímetros año 2006

DISTRIBUCIÓN DEL ABONADO SOBRE PIMIENTO. AÑO 2006

Tratamiento 2 .Parcelas Producción Integrada (g. o cc.) (Parcelas 3, 4, 7 y 8)

FECHA	A.F (cc)	NITRATO CALCIO (g)	N. POTÁSICO (g)	S. MAGNESIO (g)	FECHA	A.F (cc)	NITRATO CALCIO (g)	N. POTÁSICO (g)	S. MAGNESIO (g)
13/01/2007		200			23/04/2007				100
19/01/2007	100				24/04/2007			100	
25/01/2007				100	26/04/2007			100	
01/02/2007			200		27/04/2007	100			
03/02/2007	150				30/04/2007		200		
07/02/2007		200			02/05/2007	50			
10/02/2007				200	07/05/2007		100		
17/02/2007		200			08/05/2007			200	
24/02/2007			200		10/05/2007		100		
01/03/2007				200	15/05/2007				200
05/03/2007			100		17/05/2007		100		
13/03/2007				200	22/05/2007			200	
15/03/2007		200			24/05/2007		100		
19/03/2007	100				25/05/2007	120			
22/03/2007		200			29/05/2007			300	
26/03/2007				300	05/06/2007		200		
28/03/2007			300		11/06/2007			100	
30/03/2007		200			12/06/2007				160
04/04/2007			200		18/06/2007		100		
09/04/2007		200			22/06/2007			200	
16/04/2007	200				02/07/2007			200	
19/04/2007			300		03/07/2007		125		
20/04/2007				100	16/07/2007			235	
					TOTAL	820	2425	2935	1560

RESUMEN FERTILIZACIÓN APLICADA AÑO 2006

TRAT.	AP (50 % P ₂ O ₅) cc/m ²	N. CÁLCICO (NO ₃) ₂ Ca g/m ²	NIT. POTÁSICO KNO ₃ g/m ²	SULF. DE MAGNESIO MgSO ₄ g/m ²
T-1	0	0	0	0
T-2	16,4	48,5	58,7	31,2

9.- Resumen de fertilización aplicada años 1999-2004

1999	TRAT.	AP (50 % P ₂ O ₅)	NITRATO CALCIO (NO ₃ ,Ca 15,5 % N)	FERTILUQ-K (30 % K ₂ O)
	T-1	1000,08 g/900 cc	0 g	9996 g
	T-2	1000,08 g/900 cc	4832 g	9996 g
	T-3	1000,08 g/900 cc	9680 g	9996 g
	T-4	1000,08 g/900 cc	14512 g	9996 g

1999	TRAT.	AP (50 % P ₂ O ₅) cc/m ²	NITRATO CALCIO (NO ₃ ,Ca 15,5 % N) g/m ²	FERTILUQ-K (30 % K ₂ O) g/m ²
	T-1	20	0	199,92
	T-2	20	96,64	199,92
	T-3	20	193,6	199,92
	T-4	20	290,24	199,92

2000	TRAT.	A.F.	NITRATO CALCIO (NO ₃) ₂ Ca 15,5 % N)	SULFATO POTASICO K ₂ SO ₄	SEQUESTRENE	MICRO ELEMENTOS
	T-1	1050 cc	0 g	100 g	135 g	9408 g
	T-2	1050 cc	4832 g	100 g	135 g	9408 g
	T-3	1050 cc	9680 g	100 g	135 g	9408 g
	T-4	1050 cc	14512 g	100 g	135 g	9408 g

2000	TRAT.	A.F. cc/m ²	NITRATO CALCIO (NO ₃) ₂ Ca 15,5 % N) g/m ²	SULFATO POTASICO K ₂ SO ₄ g/m ²	SEQUESTRENE g/m ²	MICRO ELEMENTOS g/m ²
	T-1	21	0	2	2,7	188,16
	T-2	21	96,64	2	2,7	188,16
	T-3	21	193,6	2	2,7	188,16
	T-4	21	290,24	2	2,7	188,16

2001	TRAT.	A.F.	NITRATO CALCIO (NO ₃) ₂ Ca 15,5 % N)	SULFATO POTASICO K ₂ SO ₄	SEQUESTRENE	MICRO ELEMENTOS
	T-1	1200 cc	0 g	8930 g	80 g	70 cc
	T-2	1200 cc	4616 g	8930 g	80 g	70 cc
	T-3	1200 cc	8924 g	8930 g	80 g	70 cc
	T-4	1200 cc	13322 g	8930 g	80 g	70 cc

2001	TRAT.	A.F. cc/m ²	NITRATO CALCIO (NO ₃) ₂ Ca 15,5 % N) g/m ²	SULFATO POTASICO K ₂ SO ₄ g/m ²	SEQUESTRENE g/m ²	MICRO ELEMENTOS g/m ²
	T-1	24	0	178,6	1,6	1,4
	T-2	24	92,32	178,6	1,6	1,4
	T-3	24	178,48	178,6	1,6	1,4
	T-4	24	266,44	178,6	1,6	1,4

2002	A.F.	NITRATO CALCIO (NO ₃) ₂ Ca 15,5 % N)	SULFATO POTASICO K ₂ SO ₄	ROMBIQUEL Mg	ROMBIQUEL Mn/Zn
	755 cc	4085 g	3800 g	3100 cc	1100 cc

2002	A.F. cc/m ²	NITRATO CALCIO (NO ₃) ₂ Ca 15,5 % N g/m ²	SULFATO POTASICO K ₂ SO ₄ g/m ²	ROMBIQUEL Mg g/m ²	ROMBIQUEL Mn/Zn g/m ²
	15,1	81,7	76	62	22

2003	TRAT.	A.F.	NITRATO CALCIO (NO ₃) ₂ Ca 15,5 % N)	NITRATO POTÁSICO	SULFATO DE MAGNESIO
	T-I	870 cc	2675 g	3275 g	1560 g
	T-C	1740 cc	5350 g	6550 g	3120 g

2003	TRAT.	A.F. cc/m ²	NITRATO CALCIO (NO ₃) ₂ Ca 15,5 % N g/m ²	NITRATO POTÁSICO g/m ²	SULFATO DE MAG- NESIO g/m ²
	T-I	17,4	53,5	65,5	31,2
	T-C	34,8	107	131	62,4

2004	TRAT.	A.F.	NITRATO CALCIO (NO ₃) ₂ Ca 15,5 % N)	NITRATO POTÁSICO	SULFATO DE MAGNESIO
	T-I	820 cc	2425 g	2935 g	1560 g
	T-C	1640 cc	4850 g	5870 g	3120 g

2004	TRAT.	A.F. cc/m ²	NITRATO CALCIO (NO ₃) ₂ Ca 15,5 % N g/m ²	NITRATO POTÁSICO g/m ²	SULFATO DE MAGNESIO g/m ²
	T-I	16,4	48,5	58,7	31,2
	T-C	32,8	97	117,4	62,4

RESUMEN FERTILIZACIÓN 1999-2004

	TRATAMIENTO	N (g/m ²)	P ₂ O ₅ (g/m ²)	K ₂ O (g/m ²)	CaO (g/m ²)	MgO (g/m ²)
1999	T-1	0	10	60	0	0
	T-2	15	10	60	27	0
	T-3	30	10	60	54	0
	T-4	45	10	60	81	0
2000	T-1	0	10	89	0	0,1
	T-2	15	10	89	27	0,1
	T-3	30	10	89	54	0,1
	T-4	45	10	89	81	0,1
2001	T-1	0	12	90	0	0,1
	T-2	14	12	90	26	0,1
	T-3	28	12	90	50	0,1
	T-4	41	12	90	75	0,1
2002	T-1 T-2 T-3	13	8	38	23	4
2003	T-1	0	0	0	0	0
	T-2	17	9	30	15	5
	T-3	34	17	60	30	10
2004	T-1	0	0	0	0	0
	T-2	15	8	27	14	5
	T-3	30	16	54	27	10

10.- Resumen de fertilización aplicada años 2004-2006

CANTIDAD DE N MINERAL APLICADO (UF N) EN GRAMOS POR METRO CUADRADO EN LOS TRES AÑOS DE ENSAYOS:

	T-I		T-C	
	NITRATO POTÁSICO	NITRATO CÁLCICO	NITRATO POTÁSICO	NITRATO CÁLCICO
2004	7,52	7,63	15,03	15,26
	TOTAL: 15,15 g/m ²		TOTAL: 30,29 g/m ²	
2005	7,36	7,63	14,72	15,26
	TOTAL: 14,99 g/m ²		TOTAL: 29,98 g/m ²	
2006	7,74	7,63	13,48	15,26
	TOTAL: 14,37 g/m ²		TOTAL: 28,74 g/m ²	

anexo III Cubeta evaporimétrica Clase A

1.- Evaporación cubeta clase A año 2001

Cubeta Clase A año 2000-2001

DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR	DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR	DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR
22/12/2000	0,8473	2,1836	03/02/2001	1,6700	1,8722	18/03/2001	1,9000	4,3833
23/12/2000	0,8473	2,1836	04/02/2001	1,6700	1,8722	19/03/2001	2,6000	5,7000
24/12/2000	0,8473	2,1836	05/02/2001	1,1600	3,0333	20/03/2001	2,2000	3,9333
25/12/2000	0,8473	2,1836	06/02/2001	1,3900	2,5167	21/03/2001	3,6000	4,1000
26/12/2000	0,8473	2,1836	07/02/2001	1,5400	3,2667	22/03/2001	3,7500	5,9000
27/12/2000	0,8473	2,1836	08/02/2001	2,1400	2,9000	23/03/2001	1,8600	6,4333
28/12/2000	0,8473	2,1836	09/02/2001	1,9433	2,4778	24/03/2001	1,8600	6,4333
29/12/2000	0,8473	2,1836	10/02/2001	1,9433	2,4778	25/03/2001	1,8600	6,4333
30/12/2000	0,8473	2,1836	11/02/2001	1,9433	2,4778	26/03/2001	2,8600	6,0667
31/12/2000	0,8473	2,1836	12/02/2001	1,4900	2,8000	27/03/2001	2,2600	5,4167
01/01/2001	0,8473	2,1836	13/02/2001	1,7000	2,3167	28/03/2001	2,4900	7,2000
02/01/2001	0,9417	1,2767	14/02/2001	1,6000	1,5667	29/03/2001	2,9600	7,6000
03/01/2001	0,9417	1,2767	15/02/2001	1,2500	1,0167	30/03/2001	2,2933	5,4778
04/01/2001	0,9417	1,2767	16/02/2001	1,5067	1,4000	31/03/2001	2,2933	5,4778
05/01/2001	0,9417	1,2767	17/02/2001	1,5067	1,4000	01/04/2001	2,2933	5,4778
06/01/2001	0,9417	1,2767	18/02/2001	1,5067	1,4000	02/04/2001	2,4000	6,3500
07/01/2001	0,9417	1,2767	19/02/2001	1,5600	2,2000	03/04/2001	1,7000	4,7500
08/01/2001	1,2400	1,4000	20/02/2001	1,2000	1,2000	04/04/2001	3,1000	7,2500
09/01/2001	0,9400	1,2333	21/02/2001	1,7100	2,1000	05/04/2001	3,1800	7,5167
10/01/2001	0,8400	0,7500	22/02/2001	2,1500	2,3167	06/04/2001	3,1933	5,2278
11/01/2001	0,8300	1,5667	23/02/2001	1,3833	2,1055	07/04/2001	3,1933	5,2278
12/01/2001	2,5567	1,4500	24/02/2001	1,3833	2,1055	08/04/2001	3,1933	5,2278
13/01/2001	2,5567	1,4500	25/02/2001	1,3833	2,1055	09/04/2001	1,9200	5,7167
14/01/2001	2,5567	1,4500	26/02/2001	1,9900	3,7500	10/04/2001	1,8600	5,2167
15/01/2001	1,0500	1,4000	27/02/2001	1,2000	2,5167	11/04/2001	2,4300	7,2000
16/01/2001	0,8000	0,9500	28/02/2001	1,2600	2,9500	12/04/2001	3,0625	4,1500
17/01/2001	1,0300	2,2167	01/03/2001	2,0000	4,9000	13/04/2001	3,0625	4,1500
18/01/2001	0,5300	1,1000	02/03/2001	1,6000	4,4833	14/04/2001	3,0625	4,1500
19/01/2001	1,3400	1,3000	03/03/2001	1,6000	4,4833	15/04/2001	3,0625	4,1500
20/01/2001	1,3400	1,3000	04/03/2001	1,6000	4,4833	16/04/2001	2,3000	5,8000
21/01/2001	1,3400	1,3000	05/03/2001	2,3000	4,1333	17/04/2001	2,0000	4,2000
22/01/2001	0,5300	1,9167	06/03/2001	1,5000	2,7500	18/04/2001	3,4000	3,8000
23/01/2001	0,3000	2,1500	07/03/2001	1,8400	2,9333	19/04/2001	3,8000	3,3000
24/01/2001	1,1000	2,3000	08/03/2001	1,9600	3,2333	20/04/2001	3,3800	5,6222
25/01/2001	1,1000	3,3500	09/03/2001	2,2167	4,6778	21/04/2001	3,3800	5,6222
26/01/2001	1,0567	3,3167	10/03/2001	2,2167	4,6778	22/04/2001	3,3800	5,6222
27/01/2001	1,0567	3,3167	11/03/2001	2,2167	4,6778	23/04/2001	4,3100	6,5167
28/01/2001	1,0567	3,3167	12/03/2001	3,3500	6,7333	24/04/2001	3,0500	5,2000
29/01/2001	1,8800	5,1333	13/03/2001	2,6200	4,2167	25/04/2001	3,5500	6,4000
30/01/2001	1,6000	4,7167	14/03/2001	2,3800	3,4333	26/04/2001	3,6300	5,5000
31/01/2001	1,7200	3,4167	15/03/2001	2,3800	3,8167	27/04/2001	2,9900	4,5667
01/02/2001	1,5600	2,5167	16/03/2001	1,9000	4,3833	28/04/2001	2,9900	4,5667
02/02/2001	1,6700	1,8722	17/03/2001	1,9000	4,3833	29/04/2001	2,9900	4,5667

Cubeta Clase A año 2000-2001 (Continuación)

DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR
30/04/2001	3,5850	5,3667
01/05/2001	3,5850	5,3667
02/05/2001	3,5000	5,1000
03/05/2001	2,3100	5,1000
04/05/2001	2,3400	4,2667
05/05/2001	2,3400	4,2667
06/05/2001	2,3400	4,2667
07/05/2001	2,7800	5,9000
08/05/2001	2,8800	6,4167
09/05/2001	2,2200	5,1333
10/05/2001	2,2500	5,1167
11/05/2001	4,2400	5,9833
12/05/2001	4,2400	5,9833
13/05/2001	4,2400	5,9833
14/05/2001	2,6800	6,8333
15/05/2001	3,9300	8,8500
16/05/2001	3,1900	6,1667
17/05/2001	3,4800	8,5000
18/05/2001	2,5467	6,2667
19/05/2001	2,5467	6,2667
20/05/2001	2,5467	6,2667
21/05/2001	2,3800	6,3500
22/05/2001	3,7000	7,4333
23/05/2001	3,6000	6,6333
24/05/2001	3,2000	6,3333
25/05/2001	4,6567	5,8388

DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR
26/05/2001	4,6567	5,8388
27/05/2001	4,6567	5,8388
28/05/2001	5,4600	7,4000
29/05/2001	5,5200	7,3000
30/05/2001	4,8000	8,8333
31/05/2001	4,2000	7,1500
01/06/2001	4,0900	7,0000
02/06/2001	4,0900	7,0000
03/06/2001	4,0900	7,0000
04/06/2001	4,6000	7,6000
05/06/2001	3,8100	7,3500
06/06/2001	4,4600	7,6333
07/06/2001	3,7200	6,5333
08/06/2001	4,1133	7,2000
09/06/2001	4,1133	7,2000
10/06/2001	4,1133	7,2000
11/06/2001	3,9500	6,7000
12/06/2001	4,6300	7,3500
13/06/2001	4,5300	6,2167
14/06/2001	4,7800	7,4167
15/06/2001	4,0033	6,8667
16/06/2001	4,0033	6,8667
17/06/2001	4,0033	6,8667
18/06/2001	3,2000	6,6000
19/06/2001	3,2600	6,5333
20/06/2001	3,1500	6,8500

DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR
21/06/2001	3,1000	6,7000
22/06/2001	4,3967	8,5333
23/06/2001	4,3967	8,5333
24/06/2001	4,3967	8,5333
25/06/2001	5,3100	9,7667
26/06/2001	5,8500	10,0667
27/06/2001	4,3000	9,2000
28/06/2001	4,4000	6,5000
29/06/2001	5,2033	7,3778
30/06/2001	5,2033	7,3778
01/07/2001	5,2033	7,3778
02/07/2001	4,5800	7,5500
03/07/2001	4,8000	7,6000
04/07/2001	3,1300	6,2167
05/07/2001	4,4900	7,6167
06/07/2001	4,2033	6,7167
07/07/2001	4,2033	6,7167
08/07/2001	4,2033	6,7167
09/07/2001	3,2000	7,1333
10/07/2001	3,3000	7,4167
11/07/2001	3,2200	7,2333
12/07/2001	3,3500	6,9333
13/07/2001	4,1333	7,2667
14/07/2001	4,1333	7,2667
15/07/2001	4,1333	7,2667

2.- Evaporación cubeta clase A año 2002

Cubeta Clase A año 2001-2002

DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR
21/12/2001	0,3676	1,2942
22/12/2001	0,3676	1,2942
23/12/2001	0,3676	1,2942
24/12/2001	0,3676	1,2942
25/12/2001	0,3676	1,2942
26/12/2001	0,3676	1,2942
27/12/2001	0,3676	1,2942
28/12/2001	0,3676	1,2942
29/12/2001	0,3676	1,2942
30/12/2001	0,3676	1,2942
31/12/2001	0,3676	1,2942
01/01/2002	0,3676	1,2942
02/01/2002	0,3676	1,2942
03/01/2002	0,3676	1,2942
04/01/2002	0,3676	1,2942
05/01/2002	0,3676	1,2942
06/01/2002	0,3676	1,2942

DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR
07/01/2002	0,4000	0,8000
08/01/2002	0,5500	1,3333
09/01/2002	0,3500	1,2500
10/01/2002	0,7100	1,3000
11/01/2002	0,3467	1,5333
12/01/2002	0,3467	1,5333
13/01/2002	0,3467	1,5333
14/01/2002	0,9900	2,8000
15/01/2002	1,1400	3,1000
16/01/2002	1,0400	3,3000
17/01/2002	1,1300	1,9000
18/01/2002	1,0133	1,7667
19/01/2002	1,0133	1,7667
20/01/2002	1,0133	1,7667
21/01/2002	0,7600	1,2333
22/01/2002	0,9800	2,0500
23/01/2002	1,1700	3,1000

DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR
24/01/2002	0,8200	2,4000
25/01/2002	0,9733	2,2000
26/01/2002	0,9733	2,2000
27/01/2002	0,9733	2,2000
28/01/2002	1,2000	1,8000
29/01/2002	1,0700	1,7000
30/01/2002	0,9600	1,0000
31/01/2002	1,1500	2,8000
01/02/2002	1,0100	1,7333
02/02/2002	1,0100	1,7333
03/02/2002	1,0100	1,7333
04/02/2002	1,9200	2,6000
05/02/2002	1,5600	3,2000
06/02/2002	1,9000	6,4000
07/02/2002	1,7400	4,7000
08/02/2002	1,4333	2,6112
09/02/2002	1,4333	2,6112

Cubeta Clase A año 2001-2002 (Continuación)

DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR	DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR	DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR
10/02/2002	1,4333	2,6112	31/03/2002	2,0600	5,2800	19/05/2002	4,6133	7,0500
11/02/2002	1,1000	2,5000	01/04/2002	0,7000	2,6000	20/05/2002	3,1400	7,9000
12/02/2002	1,4000	0,8000	02/04/2002	0,6500	1,8000	21/05/2002	3,6000	5,2167
13/02/2002	1,1800	0,8000	03/04/2002	0,8800	6,2000	22/05/2002	2,1000	5,3333
14/02/2002	1,2000	3,8667	04/04/2002	1,2200	5,0000	23/05/2002	3,1600	7,9167
15/02/2002	2,0933	3,9388	05/04/2002	2,2233	3,3333	24/05/2002	4,7533	8,2055
16/02/2002	2,0933	3,9388	06/04/2002	2,2233	3,3333	25/05/2002	4,7533	8,2055
17/02/2002	2,0933	3,9388	07/04/2002	2,2233	3,3333	26/05/2002	4,7533	8,2055
18/02/2002	1,5400	3,0000	08/04/2002	2,1400	3,0000	27/05/2002	2,8800	5,2500
19/02/2002	1,2600	3,0000	09/04/2002	2,1600	3,0000	28/05/2002	3,1600	8,0000
20/02/2002	1,4600	4,7000	10/04/2002	2,1000	3,0000	29/05/2002	3,0600	6,7000
21/02/2002	1,6900	7,4667	11/04/2002	2,0300	3,0000	30/05/2002	2,7900	8,1667
22/02/2002	1,7100	4,3333	12/04/2002	1,5300	4,0667	31/05/2002	3,1267	9,6167
23/02/2002	1,7100	4,3333	13/04/2002	1,5300	4,0667	01/06/2002	3,1267	9,6167
24/02/2002	1,7100	4,3333	14/04/2002	1,5300	4,0667	02/06/2002	3,1267	9,6167
25/02/2002	1,6800	3,0000	15/04/2002	1,1500	2,3167	03/06/2002	2,3100	6,0667
26/02/2002	2,2300	3,0000	16/04/2002	1,3200	2,1667	04/06/2002	2,7900	7,7000
27/02/2002	2,0500	3,6000	17/04/2002	1,9300	3,5000	05/06/2002	3,0500	8,2500
28/02/2002	2,0800	3,0000	18/04/2002	1,8900	3,2000	06/06/2002	4,3500	8,9167
01/03/2002	1,5633	3,1555	19/04/2002	3,9367	4,4000	07/06/2002	3,6100	9,7042
02/03/2002	1,5633	3,1555	20/04/2002	3,9367	4,4000	08/06/2002	3,6100	9,7042
03/03/2002	1,5633	3,1555	21/04/2002	3,9367	4,4000	09/06/2002	3,6100	9,7042
04/03/2002	0,4400	0,9000	22/04/2002	3,6400	4,6000	10/06/2002	3,6100	9,7042
05/03/2002	0,9000	3,4000	23/04/2002	3,7000	5,2000	11/06/2002	2,6800	8,7500
06/03/2002	0,7700	2,2000	24/04/2002	3,8000	5,4000	12/06/2002	3,8100	7,9667
07/03/2002	1,0600	2,2000	25/04/2002	4,0000	7,0000	13/06/2002	3,5900	10,4167
08/03/2002	1,5100	2,9333	26/04/2002	3,4200	5,7555	14/06/2002	3,7267	8,9000
09/03/2002	1,5100	2,9333	27/04/2002	3,4200	5,7555	15/06/2002	3,7267	8,9000
10/03/2002	1,5100	2,9333	28/04/2002	3,4200	5,7555	16/06/2002	3,7267	8,9000
11/03/2002	1,3500	3,2333	29/04/2002	3,9600	4,4000	17/06/2002	3,7000	10,7833
12/03/2002	1,0800	2,0000	30/04/2002	3,0250	4,5000	18/06/2002	2,4700	7,0833
13/03/2002	1,1200	3,0000	01/05/2002	3,0250	4,5000	19/06/2002	2,6350	11,1417
14/03/2002	1,2000	4,8000	02/05/2002	3,6500	3,4000	20/06/2002	2,6350	11,1417
15/03/2002	2,7400	4,0667	03/05/2002	2,3533	4,7667	21/06/2002	3,9333	6,9612
16/03/2002	2,7400	4,0667	04/05/2002	2,3533	4,7667	22/06/2002	3,9333	6,9612
17/03/2002	2,7400	4,0667	05/05/2002	2,3533	4,7667	23/06/2002	3,9333	6,9612
18/03/2002	2,5050	2,9000	06/05/2002	0,7600	2,1000	24/06/2002	4,1500	6,9000
19/03/2002	2,5050	2,9000	07/05/2002	0,9000	1,9000	25/06/2002	2,4900	8,9167
20/03/2002	2,3800	3,9000	08/05/2002	2,6400	5,0000	26/06/2002	3,7000	9,4167
21/03/2002	2,8600	5,9000	09/05/2002	2,3600	3,7000	27/06/2002	3,3200	6,7167
22/03/2002	2,1900	4,7000	10/05/2002	3,0333	4,6667	28/06/2002	2,1767	2,9500
23/03/2002	2,1900	4,7000	11/05/2002	3,0333	4,6667	29/06/2002	2,1767	2,9500
24/03/2002	2,1900	4,7000	12/05/2002	3,0333	4,6667	30/06/2002	2,1767	2,9500
25/03/2002	2,5400	3,7000	13/05/2002	3,1200	4,8667	01/07/2002	3,0100	5,1167
26/03/2002	2,4000	4,6000	14/05/2002	4,1300	6,6167	02/07/2002	4,0600	7,9667
27/03/2002	2,0600	5,2800	15/05/2002	5,1700	5,1000	03/07/2002	4,4600	8,0000
28/03/2002	2,0600	5,2800	16/05/2002	5,0200	6,8667	04/07/2002	4,0000	8,0000
29/03/2002	2,0600	5,2800	17/05/2002	4,6133	7,0500	05/07/2002	3,8133	10,9445
30/03/2002	2,0600	5,2800	18/05/2002	4,6133	7,0500	06/07/2002	3,8133	10,9445
						07/07/2002	3,8133	10,9445

3.- Evaporación cubeta clase A año 2003

Cubeta Clase A año 2002-2003

DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR	DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR	DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR
13/01/2003	2,2600	1,5000	03/03/2003	2,6000	4,1000	21/04/2003	3,0667	3,8433
14/01/2003	0,7600	1,5000	04/03/2003	1,8600	2,8200	22/04/2003	1,8600	2,5800
15/01/2003	0,6800	1,0900	05/03/2003	2,0600	3,1100	23/04/2003	3,7000	4,8000
16/01/2003	0,7000	3,2800	06/03/2003	1,7400	2,7300	24/04/2003	3,9600	5,2200
17/01/2003	0,6933	2,1833	07/03/2003	1,0667	1,6667	25/04/2003	3,8000	5,2333
18/01/2003	0,6933	2,1833	08/03/2003	1,0667	1,6667	26/04/2003	3,8000	5,2333
19/01/2003	0,6933	2,1833	09/03/2003	1,0667	1,6667	27/04/2003	3,8000	5,2333
20/01/2003	0,7600	1,3200	10/03/2003	1,5000	2,1000	28/04/2003	4,9000	6,2200
21/01/2003	1,3200	2,5100	11/03/2003	2,4600	3,7500	29/04/2003	2,7000	3,3200
22/01/2003	1,6000	3,2700	12/03/2003	2,1000	3,2000	30/04/2003	2,9000	3,6600
23/01/2003	1,4800	2,7700	13/03/2003	1,9600	2,4100	01/05/2003	3,9500	5,7000
24/01/2003	0,8267	2,3000	14/03/2003	1,2000	1,9800	02/05/2003	3,9500	5,7000
25/01/2003	0,8267	2,3000	15/03/2003	1,2000	1,9800	03/05/2003	6,1000	8,2000
26/01/2003	0,8267	2,3000	16/03/2003	1,2000	1,9800	04/05/2003	5,2000	7,3000
27/01/2003	1,3200	1,2300	17/03/2003	1,0800	1,6800	05/05/2003	2,6000	3,1000
28/01/2003	1,7700	3,2100	18/03/2003	1,3000	1,9200	06/05/2003	1,8000	2,0000
29/01/2003	3,0100	4,4600	19/03/2003	2,0000	3,0500	07/05/2003	1,4600	1,9000
30/01/2003	3,1300	2,9400	20/03/2003	2,3600	4,1500	08/05/2003	1,7600	2,1000
31/01/2003	1,3400	2,6900	21/03/2003	2,4333	3,1500	09/05/2003	3,5333	4,7333
01/02/2003	1,3400	2,6900	22/03/2003	2,4333	3,1500	10/05/2003	3,5333	4,7333
02/02/2003	1,3400	2,6900	23/03/2003	2,4333	3,1500	11/05/2003	3,5333	4,7333
03/02/2003	2,6400	2,8900	24/03/2003	2,7000	3,6900	12/05/2003	4,3000	5,7600
04/02/2003	2,8000	3,8100	25/03/2003	1,5600	2,9200	13/05/2003	4,3600	5,8400
05/02/2003	1,7000	2,7100	26/03/2003	1,4000	2,3900	14/05/2003	4,3600	5,8800
06/02/2003	1,6400	2,1500	27/03/2003	2,1000	1,8500	15/05/2003	4,2000	5,7700
07/02/2003	1,3200	2,3500	28/03/2003	2,4733	3,3333	16/05/2003	3,8667	5,0833
08/02/2003	1,3200	2,3500	29/03/2003	2,4733	3,3333	17/05/2003	3,8667	5,0833
09/02/2003	1,3200	2,3500	30/03/2003	2,4733	3,3333	18/05/2003	3,8667	5,0833
10/02/2003	1,6800	2,2300	31/03/2003	2,6400	3,1800	19/05/2003	6,4000	8,5400
11/02/2003	1,6000	2,1600	01/04/2003	3,1600	4,4700	20/05/2003	5,3600	7,3100
12/02/2003	1,0500	1,0000	02/04/2003	4,2000	7,6100	21/05/2003	4,5000	6,4300
13/02/2003	1,0900	1,0600	03/04/2003	4,0000	6,3600	22/05/2003	4,4600	6,3600
14/02/2003	0,6800	1,0333	04/04/2003	3,4067	4,8267	23/05/2003	6,4667	8,4267
15/02/2003	0,6800	1,0333	05/04/2003	3,4067	4,8267	24/05/2003	6,4667	8,4267
16/02/2003	0,6800	1,0333	06/04/2003	3,4067	4,8267	25/05/2003	6,4667	8,4267
17/02/2003	1,1200	1,7500	07/04/2003	3,8000	5,0000	26/05/2003	5,7600	7,2700
18/02/2003	1,0000	0,9500	08/04/2003	2,1600	3,0800	27/05/2003	5,4000	7,2100
19/02/2003	1,0000	0,9000	09/04/2003	2,1800	3,1700	28/05/2003	4,9600	6,1000
20/02/2003	1,6000	2,8000	10/04/2003	4,1000	6,6300	29/05/2003	4,9000	6,0400
21/02/2003	0,8200	1,3000	11/04/2003	3,3467	4,8733	30/05/2003	4,1000	5,4500
22/02/2003	0,8200	1,3000	12/04/2003	3,3467	4,8733	31/05/2003	4,1000	5,4500
23/02/2003	0,8200	1,3000	13/04/2003	3,3467	4,8733	01/06/2003	4,1000	5,4500
24/02/2003	1,4600	2,9000	14/04/2003	2,0000	2,6200	02/06/2003	5,2600	7,0700
25/02/2003	1,0000	0,9600	15/04/2003	1,5000	1,9800	03/06/2003	5,0000	7,0200
26/02/2003	1,8400	2,5400	16/04/2003	3,0667	3,8433	04/06/2003	2,6000	6,7500
27/02/2003	2,1000	3,3500	17/04/2003	3,0667	3,8433	05/06/2003	4,9000	6,8900
28/02/2003	2,1200	3,1100	18/04/2003	3,0667	3,8433	06/06/2003	4,6667	6,6900
01/03/2003	2,1200	3,1100	19/04/2003	3,0667	3,8433	07/06/2003	4,6667	6,6900
02/03/2003	2,1200	3,1100	20/04/2003	3,0667	3,8433	08/06/2003	4,6667	6,6900

Cubeta Clase A año 2002-2003 (Continuación)

DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR	DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR	DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR
09/06/2003	6,3000	9,1400	26/06/2003	4,7600	8,3400	13/07/2003	5,4667	8,0433
10/06/2003	5,8000	8,2600	27/06/2003	5,2000	7,1967	14/07/2003	4,8000	8,4200
11/06/2003	5,1000	7,6500	28/06/2003	5,2000	7,1967	15/07/2003	4,1600	7,0200
12/06/2003	8,4000	10,2900	29/06/2003	5,2000	7,1967	16/07/2003	5,1000	8,8300
13/06/2003	6,5867	8,6100	30/06/2003	7,1400	10,3500	17/07/2003	4,1800	6,9000
14/06/2003	6,5867	8,6100	01/07/2003	4,0600	7,4300	18/07/2003	4,9200	7,3000
15/06/2003	6,5867	8,6100	02/07/2003	5,1600	9,6900	19/07/2003	4,9200	7,3000
16/06/2003	3,1000	4,8500	03/07/2003	4,2200	8,0600	20/07/2003	4,9200	7,3000
17/06/2003	5,7600	9,1000	04/07/2003	4,9133	7,3133	21/07/2003	4,5600	8,1200
18/06/2003	4,1200	7,9200	05/07/2003	4,9133	7,3133	22/07/2003	3,8000	5,5100
19/06/2003	5,8000	9,2500	06/07/2003	4,9133	7,3133	23/07/2003	4,1200	7,1400
20/06/2003	7,0467	9,5767	07/07/2003	7,1600	10,8300	24/07/2003	3,9200	6,2600
21/06/2003	7,0467	9,5767	08/07/2003	3,7000	5,3800	25/07/2003	5,7667	8,1400
22/06/2003	7,0467	9,5767	09/07/2003	6,8600	10,0800	26/07/2003	5,7667	8,1400
23/06/2003	3,9600	6,2000	10/07/2003	5,1000	8,9400	27/07/2003	5,7667	8,1400
24/06/2003	4,2000	6,9700	11/07/2003	5,4667	8,0433	28/07/2003	4,3000	7,4800
25/06/2003	4,9800	8,8500	12/07/2003	5,4667	8,0433			

4.- Evaporación cubeta clase A año 2004

Cubeta Clase A año 2003-2004

DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR	DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR	DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR
26/01/2004	1,8600	2,2000	19/02/2004	0,5000	0,8000	14/03/2004	0,8400	1,0000
27/01/2004	1,8000	2,0000	20/02/2004	0,4000	0,6800	15/03/2004	0,8600	1,1000
28/01/2004	1,9200	2,5800	21/02/2004	1,0000	1,2800	16/03/2004	0,9600	1,5000
29/01/2004	0,8200	1,2600	22/02/2004	1,0400	1,6800	17/03/2004	1,0200	1,8400
30/01/2004	0,7600	1,1600	23/02/2004	1,0400	1,6600	18/03/2004	1,1000	2,0800
31/01/2004	1,8400	2,3000	24/02/2004	1,0800	1,7600	19/03/2004	1,6200	2,5800
01/02/2004	1,0200	1,7600	25/02/2004	0,7600	1,0400	20/03/2004	1,7400	3,6600
02/02/2004	0,5400	0,7900	26/02/2004	0,6000	0,9000	21/03/2004	1,6800	3,4400
03/02/2004	0,7800	1,0500	27/02/2004	0,4000	0,6000	22/03/2004	1,5600	2,9000
04/02/2004	0,5000	0,8000	28/02/2004	0,9400	1,3600	23/03/2004	1,6000	3,1400
05/02/2004	0,8000	1,1000	29/02/2004	0,9600	0,5400	24/03/2004	1,6800	3,3200
06/02/2004	1,0000	1,2000	01/03/2004	0,9400	1,4800	25/03/2004	1,0800	2,0200
07/02/2004	0,9200	1,1600	02/03/2004	0,9400	1,3000	26/03/2004	0,8600	0,9200
08/02/2004	1,0000	1,2600	03/03/2004	0,9400	1,3200	27/03/2004	0,8200	1,0600
09/02/2004	0,8000	1,7300	04/03/2004	1,0200	1,6000	28/03/2004	1,1000	1,2400
10/02/2004	1,5000	2,5500	05/03/2004	1,0000	1,4000	29/03/2004	1,6000	3,0000
11/02/2004	1,4000	2,2000	06/03/2004	1,0600	1,9000	30/03/2004	1,7200	3,6400
12/02/2004	1,6000	2,6600	07/03/2004	1,1200	2,0800	31/03/2004	1,5600	2,8200
13/02/2004	1,2000	2,0400	08/03/2004	1,9000	3,9200	01/04/2004	1,9200	3,9800
14/02/2004	1,0800	1,8000	09/03/2004	1,8600	3,8800	02/04/2004	2,8600	5,1400
15/02/2004	1,0400	1,6000	10/03/2004	1,1400	2,1200	03/04/2004	3,0200	5,8400
16/02/2004	1,0800	1,8500	11/03/2004	1,0800	2,0000	04/04/2004	1,9600	3,8200
17/02/2004	1,0800	1,8500	12/03/2004	1,0800	1,8000	05/04/2004	2,6000	4,1800
18/02/2004	0,8000	1,0000	13/03/2004	0,8600	1,2000	06/04/2004	2,6400	4,4200

Cubeta Clase A año 2003-2004 (Continuación)

DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR	DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR	DÍAS	EPAN INTERIOR	EPAN EXTERIOR
07/04/2004	2,8200	4,7800	14/05/2004	3,0200	5,8000	20/06/2004	3,5600	7,4000
08/04/2004	1,1600	2,0000	15/05/2004	2,8400	5,1400	21/06/2004	3,5800	7,6000
09/04/2004	1,0200	1,4000	16/05/2004	2,8200	5,1000	22/06/2004	3,5200	7,4000
10/04/2004	1,1000	1,7000	17/05/2004	2,8800	5,3000	23/06/2004	3,5200	7,4000
11/04/2004	1,0400	1,4000	18/05/2004	2,8400	5,0000	24/06/2004	3,7600	8,2000
12/04/2004	1,1800	2,1600	19/05/2004	3,2600	6,9000	25/06/2004	3,6000	7,8000
13/04/2004	2,0200	3,9000	20/05/2004	3,2400	6,8000	26/06/2004	3,7400	8,1000
14/04/2004	1,8600	3,2000	21/05/2004	2,4000	4,0000	27/06/2004	3,7000	8,5000
15/04/2004	0,7600	0,8000	22/05/2004	2,8000	5,1000	28/06/2004	3,7000	8,0000
16/04/2004	0,8000	1,0000	23/05/2004	2,2400	6,9000	29/06/2004	3,7000	8,1000
17/04/2004	1,1600	2,0800	24/05/2004	2,7600	5,0000	30/06/2004	3,6800	7,9000
18/04/2004	1,4000	2,3800	25/05/2004	2,8200	5,2000	01/07/2004	3,7200	8,0600
19/04/2004	1,6000	3,0600	26/05/2004	2,7800	5,1000	02/07/2004	3,7600	8,1400
20/04/2004	1,7600	3,4800	27/05/2004	2,8600	5,3000	03/07/2004	3,7400	8,1200
21/04/2004	1,7000	3,2000	28/05/2004	2,8800	5,3200	04/07/2004	3,7600	8,2300
22/04/2004	1,2400	2,1600	29/05/2004	2,9000	5,3800	05/07/2004	3,4800	7,0600
23/04/2004	2,5200	4,2400	30/05/2004	2,9400	5,4000	06/07/2004	3,4400	6,9800
24/04/2004	2,7600	4,5600	31/05/2004	2,9400	5,4000	07/07/2004	3,4800	7,0600
25/04/2004	2,4400	4,0600	01/06/2004	2,9800	5,5000	08/07/2004	3,5200	7,3000
26/04/2004	2,8600	4,7800	02/06/2004	3,2600	6,3400	09/07/2004	3,5000	7,2000
27/04/2004	3,0200	5,7000	03/06/2004	3,3400	3,6600	10/07/2004	3,4200	6,8000
28/04/2004	0,8200	1,1600	04/06/2004	3,5000	7,0000	11/07/2004	3,4600	6,9400
29/04/2004	1,4800	2,4200	05/06/2004	3,3000	6,6000	12/07/2004	3,4800	7,0400
30/04/2004	1,6600	3,1200	06/06/2004	3,4000	6,8800	13/07/2004	3,5600	7,1600
01/05/2004	2,7000	4,4200	07/06/2004	3,1400	6,1200	14/07/2004	3,5000	7,1000
02/05/2004	1,0800	1,8600	08/06/2004	3,4200	6,7200	15/07/2004	3,5400	7,3000
03/05/2004	0,7800	0,8400	09/06/2004	3,5600	7,1000	16/07/2004	3,4600	7,0000
04/05/2004	1,3400	1,9600	10/06/2004	3,4200	6,9000	17/07/2004	3,3800	6,2000
05/05/2004	2,1400	2,1200	11/06/2004	3,5400	7,3000	18/07/2004	3,4600	6,8700
06/05/2004	1,2800	2,3400	12/06/2004	3,6800	7,9000	19/07/2004	3,3600	6,4000
07/05/2004	1,1600	2,0800	13/06/2004	3,1000	5,9000	20/07/2004	3,3800	6,6000
08/05/2004	1,8000	3,8000	14/06/2004	2,7000	4,5000	21/07/2004	3,3600	6,3600
09/05/2004	2,8600	5,0000	15/06/2004	2,9200	5,6000	22/07/2004	3,4200	7,0400
10/05/2004	2,8000	5,0000	16/06/2004	3,2000	6,5000	23/07/2004	3,3600	6,1000
11/05/2004	2,8800	5,2000	17/06/2004	3,4000	6,9000	24/07/2004	3,3800	6,1000
12/05/2004	2,9200	2,4000	18/06/2004	3,5000	7,0800	25/07/2004	3,4800	7,0500
13/05/2004	2,9600	5,6000	19/06/2004	3,7400	7,9200			

anexo **IV** Datos Climáticos en el invernadero

1.- Temperatura, humedad y radiación diaria y mensual en el invernadero

FECHA	T. MEDIA	T. MÁXIMA	T. MÍNIMA	HR MEDIA	HR MÁXIMA	HR MÍNIMA	RADIACIÓN
27/03/2005	23,85	46,50	10,30	63,56	90,10	21,50	171,44
28/03/2005	21,82	39,80	10,90	67,98	89,70	29,20	131,11
29/03/2005	24,23	43,30	14,10	61,27	92,50	22,30	153,34
30/03/2005	25,82	45,50	13,40	52,24	81,20	23,20	50,41
31/03/2005	15,99	34,30	11,10	78,65	91,70	30,40	16,56
01/04/2005	19,10	29,60	11,10	69,91	91,70	39,80	150,93
02/04/2005	21,79	36,80	12,30	65,72	92,60	31,00	195,66
03/04/2005	21,06	36,80	11,90	67,99	92,70	30,40	171,11
04/04/2005	20,28	40,90	10,70	69,97	91,10	32,00	135,01
05/04/2005	20,55	35,80	12,00	69,99	94,20	34,00	153,17
06/04/2005	20,28	34,80	10,90	68,22	93,80	32,50	177,55
07/04/2005	20,50	34,50	10,80	71,27	93,00	38,00	151,76
08/04/2005	22,12	41,40	14,70	73,38	95,70	33,90	158,33
09/04/2005	22,38	36,10	10,50	55,83	91,70	19,80	224,98
10/04/2005	20,69	35,60	6,90	51,15	81,40	17,00	233,86
11/04/2005	22,69	41,20	10,00	52,15	83,10	19,20	229,05
12/04/2005	22,41	40,50	9,90	56,55	84,80	24,60	226,10
13/04/2005	19,94	33,10	8,70	59,89	85,50	29,60	227,13
14/04/2005	20,69	33,60	9,80	66,76	86,10	42,00	222,39
15/04/2005	19,95	34,10	11,60	59,87	87,20	22,00	170,84
16/04/2005	19,09	30,40	9,70	54,45	85,20	18,70	236,77
17/04/2005	20,63	33,30	9,40	55,51	83,80	27,30	233,64
18/04/2005	23,60	38,50	14,30	61,81	87,10	31,80	207,40
19/04/2005	22,65	34,90	13,00	60,21	87,80	34,00	231,90
20/04/2005	21,46	33,10	14,20	64,06	88,90	37,10	169,36
21/04/2005	23,92	35,60	15,50	62,44	92,90	33,30	221,31
22/04/2005	23,42	37,10	13,90	67,39	89,40	39,40	214,68
23/04/2005	21,75	32,10	12,90	71,35	92,50	46,60	203,39
24/04/2005	23,39	36,70	15,70	73,08	93,60	34,80	183,09
25/04/2005	23,18	35,50	12,20	61,02	89,90	33,30	243,38
26/04/2005	20,53	30,30	11,10	64,52	88,80	34,90	237,17
27/04/2005	19,54	29,20	11,30	64,74	91,00	31,90	197,25
28/04/2005	20,43	28,90	11,50	65,93	89,50	33,40	220,51
29/04/2005	20,67	30,00	11,60	67,26	90,70	40,70	228,49
30/04/2005	20,74	29,80	12,50	67,54	91,30	36,00	217,61
01/05/2005	22,26	31,30	16,20	75,23	96,40	45,70	198,89
02/05/2005	21,51	31,10	17,10	83,54	95,00	58,40	92,69
03/05/2005	24,55	33,90	17,00	74,34	96,10	47,20	189,47
04/05/2005	23,05	31,80	17,40	77,56	96,40	53,00	184,56
05/05/2005	21,82	28,90	16,60	76,77	96,70	42,60	159,94
06/05/2005	22,70	35,40	12,60	69,20	93,70	38,90	239,73
07/05/2005	23,06	36,90	11,30	65,68	91,60	34,60	236,86
08/05/2005	25,01	38,50	13,30	68,50	93,00	39,90	239,09

FECHA	T. MEDIA	T. MÁXIMA	T. MÍNIMA	HR MEDIA	HR MÁXIMA	HR MÍNIMA	RADIACIÓN
09/05/2005	25,15	39,20	15,00	68,71	96,40	40,50	215,82
10/05/2005	25,63	37,60	15,30	68,23	93,80	39,70	231,19
11/05/2005	22,29	29,40	16,70	78,74	97,30	58,20	182,78
12/05/2005	23,07	33,50	15,10	75,20	97,30	39,20	188,85
13/05/2005	24,16	34,50	15,00	70,39	94,50	42,70	225,14
14/05/2005	23,90	36,30	14,30	61,87	92,30	38,40	249,90
15/05/2005	22,99	37,40	13,00	70,44	97,60	38,20	226,14
16/05/2005	23,31	36,40	13,00	66,97	95,20	36,70	239,10
17/05/2005	22,18	31,10	14,30	59,98	92,30	30,50	214,71
18/05/2005	23,76	36,50	13,80	59,76	92,70	29,60	252,03
19/05/2005	24,37	36,40	12,40	65,29	93,10	30,40	250,08
20/05/2005	23,27	34,00	12,50	62,32	93,10	31,70	243,30
21/05/2005	23,09	34,30	13,20	67,75	93,80	32,60	186,02
22/05/2005	25,18	35,70	16,00	72,67	97,00	46,30	219,01
23/05/2005	22,93	30,90	15,60	72,98	95,60	48,30	229,47
24/05/2005	22,25	30,00	15,80	71,23	96,10	46,40	229,42
25/05/2005	22,96	31,70	14,60	69,19	96,90	44,50	240,68
26/05/2005	23,16	32,70	13,30	68,56	97,20	43,00	245,18
27/05/2005	23,63	33,70	13,50	71,37	99,00	48,30	240,56
28/05/2005	23,73	32,80	15,40	68,23	97,90	46,00	232,28
29/05/2005	24,03	32,00	17,60	67,00	97,20	43,10	190,74
30/05/2005	23,43	29,80	18,70	70,92	98,00	47,60	133,82
31/05/2005	23,70	30,20	19,90	76,78	100,00	51,00	193,11
01/06/2005	22,89	29,70	17,90	75,12	98,30	51,60	262,23
02/06/2005	24,20	32,30	16,50	70,52	99,10	48,70	237,52
03/06/2005	25,44	36,80	16,30	74,93	94,40	53,70	118,49
04/06/2005	25,27	34,20	16,60	75,30	95,30	54,20	228,19
05/06/2005	24,81	33,40	18,50	78,66	95,90	56,20	183,39
06/06/2005	25,25	33,20	18,30	77,09	98,00	54,90	222,76
07/06/2005	24,59	32,20	17,90	70,94	90,50	51,10	233,50
08/06/2005	24,96	33,90	15,80	67,45	90,70	41,70	246,79
09/06/2005	24,81	32,90	16,90	72,17	92,90	50,50	228,49
10/06/2005	24,39	32,80	16,40	74,58	96,60	55,60	222,15
11/06/2005	24,79	33,40	17,50	72,80	92,40	50,00	184,07
12/06/2005	26,55	37,30	18,50	73,69	96,20	45,00	224,05
13/06/2005	26,41	36,20	18,60	73,34	92,70	50,20	211,67
14/06/2005	27,74	39,50	20,40	54,94	84,60	39,90	222,29
15/06/2005	26,89	38,50	16,70	62,49	86,00	35,50	225,41
16/06/2005	27,53	39,00	16,60	60,59	84,70	30,20	228,33
17/06/2005	27,19	36,20	19,40	67,32	91,70	42,30	230,24
18/06/2005	27,01	35,70	17,50	67,46	94,80	41,10	238,72
19/06/2005	28,09	40,00	17,50	64,12	87,20	37,90	236,30
20/06/2005	28,27	38,60	17,60	63,69	86,80	35,60	236,47
21/06/2005	29,15	40,40	18,50	58,87	85,40	31,20	216,30
22/06/2005	29,04	39,50	19,50	58,52	81,90	34,00	221,64
23/06/2005	28,99	39,90	21,50	60,75	82,80	34,80	176,04
24/06/2005	29,23	38,10	20,60	69,21	92,40	41,10	225,60
25/06/2005	29,36	40,30	20,60	70,86	92,40	40,40	221,21
26/06/2005	28,93	37,40	21,00	73,91	91,70	50,90	204,84
27/06/2005	28,57	37,10	23,30	76,11	94,20	53,70	155,22
28/06/2005	29,89	37,60	23,10	69,98	89,40	48,40	202,44

FECHA	T. MEDIA	T. MÁXIMA	T. MÍNIMA	HR MEDIA	HR MÁXIMA	HR MÍNIMA	RADIACIÓN
29/06/2005	30,46	42,50	22,20	70,16	93,60	38,60	207,38
30/06/2005	29,17	41,10	18,70	67,07	97,90	37,60	223,49
01/07/2005	28,08	36,60	19,50	72,24	88,00	51,50	191,17
02/07/2005	28,47	36,30	22,30	73,46	94,60	50,70	194,71
03/07/2005	28,63	37,80	19,20	69,03	90,00	41,60	219,03
04/07/2005	26,53	39,20	20,20	74,01	89,30	44,90	117,03
05/07/2005	28,35	37,00	21,20	75,53	95,80	54,30	203,81
06/07/2005	28,75	36,80	21,90	72,91	95,70	49,40	220,05
07/07/2005	28,18	36,60	19,90	70,48	90,10	46,90	225,37
08/07/2005	27,19	33,40	21,80	72,78	91,10	55,60	157,45
09/07/2005	27,83	36,10	21,00	69,40	92,20	49,20	211,29
10/07/2005	27,52	35,50	20,70	69,53	92,20	48,40	209,30
11/07/2005	28,15	37,00	21,30	66,33	90,70	45,70	224,74
12/07/2005	28,48	40,30	17,30	59,33	87,70	28,20	229,70
13/07/2005	28,18	37,90	18,60	66,15	85,80	46,90	225,12
14/07/2005	28,66	37,70	20,60	63,81	87,50	41,00	204,75
15/07/2005	28,29	37,70	20,80	64,96	86,80	43,10	160,97
16/07/2005	30,59	42,90	21,10	72,86	92,60	43,30	187,77
17/07/2005	30,24	40,20	22,00	74,53	95,30	46,20	185,69
18/07/2005	31,08	42,10	23,90	66,94	95,30	28,60	184,47
19/07/2005	28,22	36,60	21,30	74,85	93,70	53,40	185,94
20/07/2005	28,27	37,00	20,40	69,94	91,90	45,20	193,85
21/07/2005	28,49	37,70	19,40	71,37	89,50	42,80	205,32
22/07/2005	28,44	37,40	20,40	77,76	94,80	55,50	199,10
23/07/2005	29,13	39,30	21,60	77,34	96,80	52,10	170,77
24/07/2005	30,20	41,80	20,80	74,81	95,90	45,20	197,77
25/07/2005	30,23	41,70	20,70	72,37	95,00	35,70	198,15
26/07/2005	29,79	40,20	21,10	73,42	95,50	48,20	200,19
27/07/2005	29,03	39,80	19,80	72,48	97,90	45,50	190,08
28/07/2005	29,05	39,10	20,20	72,71	96,00	49,50	188,89
29/07/2005	31,03	41,90	22,90	65,21	87,00	38,00	194,83
30/07/2005	29,10	38,60	20,00	67,79	90,10	33,30	198,46
31/07/2005	28,14	35,60	22,80	78,53	95,50	58,30	140,76
01/08/2005	28,17	37,80	21,90	78,19	96,00	55,10	131,48
02/08/2005	26,58	35,80	23,30	83,09	95,70	59,40	135,51
03/08/2005	27,72	36,50	20,80	75,69	98,50	52,30	220,27
04/08/2005	27,56	36,50	19,40	70,78	95,30	40,00	234,58
05/08/2005	27,48	36,50	18,70	71,65	93,10	46,90	231,70
06/08/2005	28,18	39,60	18,20	68,99	92,50	34,50	202,11
07/08/2005	28,61	40,50	21,00	71,57	91,50	39,40	0,40
08/08/2005	25,46	37,10	21,00	83,99	95,20	50,70	50,61
09/08/2005	28,32	37,30	22,90	78,00	95,20	53,40	135,40
10/08/2005	28,04	35,90	23,50	76,52	98,20	44,80	141,45
11/08/2005	29,76	43,50	21,20	51,49	85,30	18,70	204,93
12/08/2005	30,27	40,70	22,20	60,52	84,00	33,30	194,73
13/08/2005	31,20	41,90	22,70	57,35	87,10	25,60	207,94
14/08/2005	30,11	42,50	19,30	51,10	76,60	18,60	181,27
15/08/2005	29,37	40,30	19,90	52,29	78,60	35,40	194,47
16/08/2005	29,08	38,00	23,10	65,23	86,70	38,60	145,72
17/08/2005	27,86	38,60	22,20	69,94	85,50	40,30	103,81
18/08/2005	31,12	42,70	23,10	65,12	91,00	33,60	154,46

FECHA	T. MEDIA	T. MÁXIMA	T. MÍNIMA	HR MEDIA	HR MÁXIMA	HR MÍNIMA	RADIACIÓN
19/08/2005	31,11	42,00	23,60	63,47	85,70	33,70	144,98
20/08/2005	31,32	41,60	25,40	63,48	87,40	33,60	150,61
21/08/2005	28,22	42,60	21,70	52,21	78,70	11,70	132,97
22/08/2005	29,58	46,50	17,30	45,34	75,80	11,50	181,27
23/08/2005	30,32	43,40	18,00	46,78	73,90	18,70	177,77
24/08/2005	30,97	46,20	18,90	47,28	74,10	15,30	177,36
25/08/2005	34,62	60,40	19,80	47,42	77,20	10,90	172,80
26/08/2005	36,19	59,00	20,70	49,30	78,50	14,40	163,30
27/08/2005	36,98	61,40	22,20	49,94	79,80	13,00	150,03
28/08/2005	37,04	58,50	23,60	50,89	81,70	14,80	160,94
29/08/2005	37,86	58,80	24,40	48,50	80,60	13,00	162,21
30/08/2005	37,13	60,80	23,20	46,89	77,70	12,30	154,59
31/08/2005	36,08	55,60	22,90	48,14	77,40	15,70	143,08
01/09/2005	36,54	55,90	23,10	49,17	79,10	15,80	146,82
02/09/2005	35,56	55,30	23,70	51,62	79,30	16,80	129,78
03/09/2005	37,59	58,20	23,50	49,99	79,80	14,80	154,71
04/09/2005	37,18	60,10	22,10	48,69	76,80	12,40	151,77
05/09/2005	36,94	61,70	23,40	48,02	77,90	11,40	142,70
06/09/2005	34,12	56,00	22,50	32,69	52,80	7,50	113,83
07/09/2005	28,01	46,40	21,10	51,58	75,80	18,50	67,78
08/09/2005	32,51	57,90	18,20	49,03	79,60	10,10	148,15
09/09/2005	35,04	60,00	19,30	43,52	77,30	8,70	157,11
10/09/2005	35,68	59,60	20,30	43,02	73,80	8,50	155,10
11/09/2005	34,15	58,90	21,00	36,03	66,20	6,00	151,05
12/09/2005	32,53	55,00	18,90	42,52	66,90	12,50	140,96
13/09/2005	28,49	50,90	21,50	59,13	76,70	19,90	84,41
14/09/2005	32,53	52,50	19,80	54,16	81,30	17,80	142,87
15/09/2005	33,18	53,50	20,90	52,63	80,50	15,90	140,55
16/09/2005	32,42	55,50	20,00	52,75	78,40	11,80	123,39
17/09/2005	29,79	58,00	21,60	55,17	75,90	10,90	85,31
18/09/2005	29,73	50,30	18,50	54,17	85,70	14,30	139,04
19/09/2005	30,05	54,90	14,70	51,06	78,30	10,70	146,33
20/09/2005	30,00	53,50	15,40	50,69	77,80	12,20	144,44
21/09/2005	30,11	51,40	15,60	51,36	77,00	16,50	140,09
22/09/2005	29,64	54,00	16,20	54,54	76,90	15,50	121,28
23/09/2005	27,98	45,10	18,80	60,80	80,60	25,30	88,41
24/09/2005	31,68	52,80	18,70	55,32	82,60	17,10	128,99
25/09/2005	31,24	52,80	18,20	53,90	79,50	15,80	123,83
26/09/2005	22,08	32,60	18,20	74,79	81,10	48,80	14,10
27/09/2005	30,98	51,70	18,20	54,76	79,90	16,90	129,32
28/09/2005	30,74	50,60	21,20	57,53	82,00	19,30	102,99
29/09/2005	32,47	53,20	20,40	55,78	82,60	17,10	129,16
30/09/2005	30,39	51,20	20,30	58,18	81,30	18,40	103,35
01/10/2005	31,37	53,50	18,90	54,28	80,60	14,50	124,56
02/10/2005	29,24	48,70	18,70	54,53	81,00	17,60	107,37
03/10/2005	28,12	46,00	19,10	47,19	67,10	15,80	87,01
04/10/2005	28,38	50,80	14,80	49,01	75,10	13,00	125,31
05/10/2005	28,33	51,40	14,70	50,42	76,10	13,00	123,30
06/10/2005	27,57	49,10	15,30	53,24	77,00	16,90	108,77
07/10/2005	28,57	50,10	17,00	53,77	79,40	16,50	137,22
08/10/2005	25,85	45,90	16,70	57,76	77,90	20,40	0,37

FECHA	T. MEDIA	T. MÁXIMA	T. MÍNIMA	HR MEDIA	HR MÁXIMA	HR MÍNIMA	RADIACIÓN
09/10/2005	26,96	46,20	16,00	56,90	77,80	20,10	93,30
10/10/2005	27,93	44,80	19,40	58,18	79,80	23,60	82,62
11/10/2005	26,88	42,30	18,80	60,68	81,30	26,00	64,96
12/10/2005	30,73	52,60	19,80	56,04	81,90	18,20	106,71
13/10/2005	27,89	50,60	19,80	49,39	78,00	11,30	89,56
14/10/2005	23,65	43,30	14,30	45,07	65,10	15,20	72,49
15/10/2005	26,57	49,20	13,50	51,09	76,00	14,60	108,09
16/10/2005	22,46	33,70	16,70	64,10	78,00	37,70	30,12
17/10/2005	24,78	43,60	19,00	67,39	84,20	26,20	45,17
18/10/2005	24,54	35,80	19,60	68,61	82,60	40,70	46,17
19/10/2005	28,54	51,20	19,10	58,90	82,00	16,30	91,16
20/10/2005	26,72	50,00	14,70	56,86	79,90	17,10	100,34
21/10/2005	27,62	51,30	15,70	54,20	80,50	13,60	98,45
22/10/2005	26,82	49,90	15,00	54,04	77,90	13,60	92,16
23/10/2005	26,06	52,80	15,50	54,17	78,20	11,00	0,34
24/10/2005	24,84	48,10	14,90	67,85	88,80	29,50	80,61
25/10/2005	25,62	46,90	14,90	70,35	88,80	39,00	85,87
26/10/2005	24,02	41,80	14,70	72,86	89,20	43,20	72,36
27/10/2005	26,39	46,70	16,60	71,42	90,30	33,40	78,06

DATOS MENSUALES 2005

	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM	OCTUBRE
T MM	22,34	21,32	23,42	27,00	28,78	30,72	31,98	26,91
T MÁXIMA	41,88	34,67	33,67	36,66	38,32	44,47	53,65	47,27
T MÍNIMA	11,96	11,69	15,02	18,68	20,80	21,49	19,84	16,79
T MÁXIMA ABS	46,50	41,40	39,20	42,50	42,90	61,40	61,70	53,50
T MÍNIMA ABS	10,30	6,90	11,30	15,80	17,30	17,30	14,70	13,50
HR MM	64,74	64,00	70,17	69,09	71,06	61,00	51,75	57,72
HR M MAX	89,04	89,57	95,59	91,68	92,27	85,63	77,45	79,80
HR M MIN	25,32	31,97	42,36	44,55	45,75	30,30	15,57	21,41
HR MAX ABS	92,50	95,70	100,00	99,10	97,90	98,50	85,70	90,30
HR MIN ABS	21,50	17,00	29,60	30,20	28,20	10,90	6,00	11,00
RAD MM	104,57	202,46	212,92	215,84	194,08	159,44	124,92	83,42
RAD M MAX	171,44	243,38	252,03	262,23	229,70	234,58	157,11	137,22
RAD M MIN	16,56	135,01	92,69	118,49	117,03	0,40	14,10	0,34

2.- T^a y HR horaria desde el 18/12/2006 hasta el 27/01/2007

LOS DATOS HORARIOS REFLEJADOS EN LA TABLA COMIENZAN A LAS 16:00 H DEL DÍA 18-12-2006 Y TERMINAN A LAS 03:00 H DEL DÍA 27-01-2007

FECHA	TEMP (°C)	HR (%)	FECHA	TEMP (°C)	HR (%)	FECHA	TEMP (°C)	HR (%)
12/18/06	20,19	57,2	12/20/06	19,42	37,5	12/22/06	14,85	58,2
12/18/06	19,81	40,5	12/20/06	14,09	50	12/22/06	15,23	58,8
12/18/06	15,62	49,4	12/20/06	12,16	55,5	12/22/06	11,38	69,5
12/18/06	13,32	56,2	12/20/06	10,99	60,2	12/22/06	10,99	72
12/18/06	11,77	56,9	12/20/06	9,03	65,9	12/22/06	9,82	75,3
12/18/06	10,99	49,3	12/20/06	7,83	69	12/22/06	9,42	75,4
12/18/06	10,6	47,9	12/20/06	7,43	71,3	12/22/06	8,23	78,7
12/18/06	9,42	51	12/20/06	8,63	66,6	12/22/06	8,23	79,7
12/19/06	9,82	47	12/21/06	9,42	62,1	12/23/06	8,23	80,7
12/19/06	7,83	55,2	12/21/06	9,82	58,9	12/23/06	7,83	81,8
12/19/06	7,43	58,1	12/21/06	9,82	57,5	12/23/06	7,83	81,8
12/19/06	7,83	52,1	12/21/06	9,42	59,2	12/23/06	7,83	83
12/19/06	6,22	58,2	12/21/06	8,63	66,3	12/23/06	8,23	82,9
12/19/06	6,62	60,3	12/21/06	8,63	72	12/23/06	8,63	82,9
12/19/06	7,83	54,5	12/21/06	8,23	73,1	12/23/06	8,23	82,9
12/19/06	7,43	56,4	12/21/06	8,23	71,6	12/23/06	8,23	82,9
12/19/06	7,83	53,5	12/21/06	8,23	70,2	12/23/06	8,23	82,9
12/19/06	8,63	52,2	12/21/06	9,82	64,4	12/23/06	8,63	81,7
12/19/06	17,9	30,5	12/21/06	19,42	35,9	12/23/06	11,38	72,5
12/19/06	17,9	27,1	12/21/06	18,66	36,8	12/23/06	14,09	66
12/19/06	15,23	31,6	12/21/06	20,57	33,9	12/23/06	19,42	52,6
12/19/06	25,56	23,5	12/21/06	21,33	33	12/23/06	29,5	28,2
12/19/06	28,31	24,2	12/21/06	27,91	26	12/23/06	28,31	26,4
12/19/06	30,31	23,6	12/21/06	22,09	32,6	12/23/06	28,31	24,3
12/19/06	25,95	26,2	12/21/06	29,1	26,9	12/23/06	27,12	25,7
12/19/06	19,42	33,8	12/21/06	25,56	30,1	12/23/06	19,81	36,8
12/19/06	13,32	52,1	12/21/06	13,32	58,7	12/23/06	14,85	54,3
12/19/06	9,82	66	12/21/06	9,42	68,2	12/23/06	12,93	62,2
12/19/06	7,83	69,4	12/21/06	8,23	69,3	12/23/06	12,55	65,6
12/19/06	7,43	69,9	12/21/06	7,03	70,9	12/23/06	11,77	68,5
12/19/06	7,03	69,2	12/21/06	6,22	72	12/23/06	11,38	66,6
12/19/06	6,62	66,2	12/21/06	5,81	72,6	12/23/06	10,6	73,9
12/20/06	7,43	61,5	12/22/06	5,81	72,6	12/24/06	10,21	77,6
12/20/06	7,83	59,3	12/22/06	5,81	73,7	12/24/06	10,21	78,4
12/20/06	7,83	58	12/22/06	6,22	74,7	12/24/06	9,82	78,5
12/20/06	8,23	57	12/22/06	7,83	70,7	12/24/06	9,82	77,6
12/20/06	7,83	57,6	12/22/06	8,63	65,3	12/24/06	9,82	75,3
12/20/06	6,22	62,1	12/22/06	7,83	64,1	12/24/06	9,82	72,8
12/20/06	5,81	66,1	12/22/06	8,23	64,8	12/24/06	9,03	73
12/20/06	5,4	68,1	12/22/06	6,62	66,8	12/24/06	7,83	76,4
12/20/06	4,99	69,3	12/22/06	6,22	68,3	12/24/06	7,43	75,8
12/20/06	7,03	65,2	12/22/06	7,43	66,3	12/24/06	8,23	73,1
12/20/06	19,04	32,3	12/22/06	10,21	58,8	12/24/06	10,6	63,9
12/20/06	24,01	26,3	12/22/06	14,09	48,4	12/24/06	18,28	41,6
12/20/06	26,73	24,7	12/22/06	14,09	49,7	12/24/06	22,09	33,6
12/20/06	29,5	23,9	12/22/06	14,85	49,1	12/24/06	21,33	33,5
12/20/06	26,34	27,5	12/22/06	17,52	45,5	12/24/06	26,34	27,5
12/20/06	21,71	32,4	12/22/06	16,76	49,4	12/24/06	26,34	26,1

FECHA	TEMP (°C)	HR (%)	FECHA	TEMP (°C)	HR (%)	FECHA	TEMP (°C)	HR (%)
12/24/06	25,17	27,1	12/26/06	9,82	74	12/29/06	9,03	80,6
12/24/06	21,71	30,2	12/26/06	8,63	74,9	12/29/06	9,42	81,6
12/24/06	13,32	55,5	12/26/06	7,83	75,7	12/29/06	9,03	81,6
12/24/06	10,99	65,7	12/26/06	7,83	77,1	12/29/06	8,23	81,7
12/24/06	11,77	64,2	12/27/06	7,83	77,9	12/29/06	8,63	81,7
12/24/06	11,38	63,4	12/27/06	7,03	78,1	12/29/06	7,83	81,8
12/24/06	11,38	62,9	12/27/06	6,62	78,1	12/29/06	7,03	81,9
12/24/06	9,03	69,5	12/27/06	6,62	79	12/29/06	6,62	80,9
12/25/06	7,83	73,8	12/27/06	7,43	79,8	12/29/06	6,62	81,9
12/25/06	7,83	72,7	12/27/06	7,03	79,8	12/29/06	7,83	79,7
12/25/06	9,42	65,8	12/27/06	7,03	80,8	12/29/06	16	56,8
12/25/06	8,63	68,4	12/27/06	7,03	80,8	12/29/06	22,48	47
12/25/06	9,42	64,2	12/27/06	6,62	80,9	12/29/06	27,12	41,5
12/25/06	9,82	61,3	12/27/06	8,23	77,9	12/29/06	30,71	29,3
12/25/06	9,42	61,2	12/27/06	16,38	56,1	12/29/06	31,93	26,9
12/25/06	9,03	62	12/27/06	22,09	45,2	12/29/06	34,01	24,2
12/25/06	9,82	61,5	12/27/06	26,73	40,1	12/29/06	31,12	25,7
12/25/06	9,82	64,1	12/27/06	30,31	27	12/29/06	23,63	37,5
12/25/06	21,33	38	12/27/06	29,1	26	12/29/06	15,23	64,3
12/25/06	29,1	27,5	12/27/06	29,5	25,3	12/29/06	12,16	73
12/25/06	23,24	28,3	12/27/06	27,12	27,5	12/29/06	10,6	75,2
12/25/06	23,24	31,9	12/27/06	23,24	36,5	12/29/06	9,42	76,1
12/25/06	25,95	26,4	12/27/06	14,09	64,6	12/29/06	8,63	77
12/25/06	23,24	26,5	12/27/06	10,99	72	12/29/06	7,83	76,4
12/25/06	21,71	27,7	12/27/06	9,82	74,7	12/30/06	8,23	77,9
12/25/06	22,48	33,6	12/27/06	9,03	76,2	12/30/06	8,23	78,7
12/25/06	13,32	58	12/27/06	8,63	77	12/30/06	7,83	77,9
12/25/06	9,82	68,5	12/27/06	8,23	77,9	12/30/06	7,03	78,1
12/25/06	8,63	71,5	12/28/06	7,83	78,8	12/30/06	6,22	78,2
12/25/06	7,83	72,2	12/28/06	7,43	78,9	12/30/06	6,22	78,2
12/25/06	7,03	72,3	12/28/06	7,83	79,7	12/30/06	6,22	78,2
12/25/06	6,22	73,6	12/28/06	7,83	80,7	12/30/06	5,81	78,3
12/26/06	6,22	74,1	12/28/06	7,83	80,7	12/30/06	5,81	79,1
12/26/06	6,22	74,7	12/28/06	8,23	81,7	12/30/06	7,43	74,5
12/26/06	5,81	75,4	12/28/06	9,03	82,8	12/30/06	15,23	54,7
12/26/06	5,4	75,5	12/28/06	9,42	82,8	12/30/06	22,09	45,4
12/26/06	5,4	76,2	12/28/06	9,03	82,8	12/30/06	27,52	38,4
12/26/06	5,4	76,8	12/28/06	9,82	80,5	12/30/06	31,93	24,7
12/26/06	5,4	76,8	12/28/06	12,16	74,9	12/30/06	30,31	25,2
12/26/06	5,4	77,6	12/28/06	16,38	65,8	12/30/06	28,7	25,9
12/26/06	6,62	77,4	12/28/06	20,19	57,2	12/30/06	28,7	26,5
12/26/06	7,43	75,8	12/28/06	17,52	63,1	12/30/06	22,48	37,6
12/26/06	9,82	69,4	12/28/06	28,31	37,5	12/30/06	15,62	57,6
12/26/06	15,23	59	12/28/06	21,71	43,6	12/30/06	12,55	68,8
12/26/06	28,31	32,5	12/28/06	23,63	46	12/30/06	11,38	73,7
12/26/06	31,52	23,7	12/28/06	17,9	59,8	12/30/06	10,99	75,9
12/26/06	29,9	23,6	12/28/06	14,85	69,2	12/30/06	10,6	76,7
12/26/06	30,71	23,6	12/28/06	12,55	75,6	12/30/06	9,82	77,6
12/26/06	26,73	25	12/28/06	11,38	79,2	12/31/06	9,42	78,6
12/26/06	19,04	41,5	12/28/06	9,82	79,4	12/31/06	9,42	78,6
12/26/06	13,32	63,8	12/28/06	10,21	80,4	12/31/06	9,03	77,8
12/26/06	10,99	72	12/28/06	9,42	80,5	12/31/06	8,63	77,8

FECHA	TEMP (°C)	HR (%)	FECHA	TEMP (°C)	HR (%)	FECHA	TEMP (°C)	HR (%)
12/31/06	8,23	76,3	01/02/2007	10,21	72,7	01/04/2007	22,86	50,3
12/31/06	9,03	77,8	01/02/2007	12,16	68	01/04/2007	22,09	56
12/31/06	9,03	76,2	01/02/2007	24,4	33,3	01/04/2007	32,76	35,8
12/31/06	8,23	77,9	01/02/2007	29,1	26,2	01/04/2007	34,85	30,7
12/31/06	7,83	79,7	01/02/2007	29,9	24,1	01/04/2007	33,17	30,4
12/31/06	9,42	76,9	01/02/2007	30,31	23,9	01/04/2007	28,7	32,7
12/31/06	22,09	41,7	01/02/2007	32,76	23,7	01/04/2007	17,14	62,2
12/31/06	29,5	31,1	01/02/2007	36,13	24,8	01/04/2007	13,32	73,4
12/31/06	29,5	26,4	01/02/2007	30,71	23,6	01/04/2007	12,16	75,7
12/31/06	30,71	25,1	01/02/2007	25,95	26,4	01/04/2007	10,21	76
12/31/06	33,17	24,2	01/02/2007	16,76	49,3	01/04/2007	9,82	77,6
12/31/06	33,59	23,9	01/02/2007	12,93	65,5	01/04/2007	9,03	76,9
12/31/06	31,12	24,4	01/02/2007	11,38	69,5	01/05/2007	9,03	75,5
12/31/06	25,95	32,2	01/02/2007	10,21	72,2	01/05/2007	8,63	75,5
12/31/06	16,76	60,9	01/02/2007	9,82	74	01/05/2007	9,82	75,3
12/31/06	12,93	71,7	01/02/2007	9,42	75,4	01/05/2007	10,21	73,9
12/31/06	11,77	74,3	01/03/2007	9,42	76,1	01/05/2007	9,82	73,4
12/31/06	10,6	75,2	01/03/2007	9,03	76,9	01/05/2007	10,21	68
12/31/06	9,82	76,8	01/03/2007	8,63	77	01/05/2007	9,42	70,3
12/31/06	9,42	76,9	01/03/2007	7,83	76,4	01/05/2007	10,21	64,6
01/01/2007	9,03	77,8	01/03/2007	7,43	76,5	01/05/2007	9,03	71,4
01/01/2007	8,63	78,7	01/03/2007	7,43	76,5	01/05/2007	10,99	62,7
01/01/2007	8,23	78,7	01/03/2007	7,03	76,5	01/05/2007	23,63	32,8
01/01/2007	8,23	78,7	01/03/2007	7,03	76,5	01/05/2007	29,9	25,9
01/01/2007	7,83	78,8	01/03/2007	6,22	76,7	01/05/2007	32,76	24,1
01/01/2007	7,83	78,8	01/03/2007	7,83	73,2	01/05/2007	32,76	23,8
01/01/2007	7,43	78,9	01/03/2007	17,52	48,6	01/05/2007	32,34	23,8
01/01/2007	7,03	78,9	01/03/2007	26,34	38,4	01/05/2007	29,9	23,9
01/01/2007	7,03	78,9	01/03/2007	31,52	24,4	01/05/2007	28,31	25
01/01/2007	8,63	75,5	01/03/2007	33,17	24,2	01/05/2007	27,12	28,2
01/01/2007	17,14	53,4	01/03/2007	31,93	23,7	01/05/2007	18,66	51,9
01/01/2007	24,4	44	01/03/2007	32,76	25,2	01/05/2007	15,23	65
01/01/2007	29,1	35,2	01/03/2007	29,1	24,4	01/05/2007	13,32	71
01/01/2007	31,93	25,9	01/03/2007	25,56	27,5	01/05/2007	11,77	73,7
01/01/2007	31,52	25,6	01/03/2007	16,38	58,5	01/05/2007	10,6	74,5
01/01/2007	32,76	23,8	01/03/2007	12,55	69,7	01/05/2007	9,82	75,3
01/01/2007	31,12	26,9	01/03/2007	10,99	72,6	01/06/2007	9,42	75,4
01/01/2007	25,56	30,8	01/03/2007	9,82	74	01/06/2007	8,63	75,5
01/01/2007	16,76	54,3	01/03/2007	8,63	74,9	01/06/2007	8,23	75,6
01/01/2007	13,32	67,3	01/03/2007	8,23	75	01/06/2007	7,83	76,4
01/01/2007	11,77	71,3	01/04/2007	7,83	75,7	01/06/2007	7,43	75,8
01/01/2007	10,99	73,2	01/04/2007	7,43	76,5	01/06/2007	7,03	76,5
01/01/2007	10,99	75,1	01/04/2007	7,43	78	01/06/2007	6,62	76,6
01/01/2007	12,16	71,3	01/04/2007	7,03	78,1	01/06/2007	6,22	76,7
01/02/2007	12,55	67,5	01/04/2007	7,03	78,1	01/06/2007	5,4	76,8
01/02/2007	11,77	69,4	01/04/2007	7,03	78,9	01/06/2007	7,03	75,8
01/02/2007	11,38	70,4	01/04/2007	7,43	79,8	01/06/2007	16,38	51,8
01/02/2007	12,16	67,6	01/04/2007	7,43	78,9	01/06/2007	23,24	44
01/02/2007	12,16	67,2	01/04/2007	7,43	78,9	01/06/2007	26,73	29,8
01/02/2007	10,99	71,5	01/04/2007	7,83	77,1	01/06/2007	29,9	24,1
01/02/2007	9,82	76,1	01/04/2007	15,23	60,7	01/06/2007	28,7	24,2
01/02/2007	10,21	74,6	01/04/2007	17,14	60,2	01/06/2007	30,31	23,6

FECHA	TEMP (°C)	HR (%)	FECHA	TEMP (°C)	HR (%)	FECHA	TEMP (°C)	HR (%)
01/06/2007	26,34	25,3	01/08/2007	11,77	73	01/11/2007	7,83	77,9
01/06/2007	24,01	32	01/08/2007	10,21	74,6	01/11/2007	7,83	77,9
01/06/2007	16	56,2	01/08/2007	9,82	75,3	01/11/2007	7,43	78
01/06/2007	12,55	70,2	01/08/2007	9,42	76,1	01/11/2007	7,03	78,1
01/06/2007	10,6	72,7	01/09/2007	8,63	76,3	01/11/2007	6,22	77,4
01/06/2007	9,42	73,5	01/09/2007	9,03	76,9	01/11/2007	6,22	77,4
01/06/2007	9,03	74,2	01/09/2007	8,23	77,9	01/11/2007	5,4	77,6
01/06/2007	8,23	74,3	01/09/2007	7,83	77,9	01/11/2007	4,99	77,7
01/07/2007	7,43	75,8	01/09/2007	7,03	78,1	01/11/2007	4,99	77,7
01/07/2007	7,83	76,4	01/09/2007	7,43	78,9	01/11/2007	6,22	77,4
01/07/2007	7,43	77,2	01/09/2007	7,03	78,1	01/11/2007	14,85	58,7
01/07/2007	7,03	77,3	01/09/2007	6,62	78,1	01/11/2007	22,09	47,8
01/07/2007	6,62	77,4	01/09/2007	6,22	79,1	01/11/2007	26,73	34,6
01/07/2007	7,03	78,1	01/09/2007	7,43	75,8	01/11/2007	27,12	32,7
01/07/2007	6,62	78,1	01/09/2007	16,76	51,2	01/11/2007	27,91	26,7
01/07/2007	6,62	78,1	01/09/2007	25,56	39,7	01/11/2007	28,7	26,5
01/07/2007	6,62	78,1	01/09/2007	29,9	26,5	01/11/2007	26,73	29,2
01/07/2007	7,83	75	01/09/2007	29,5	29,4	01/11/2007	24,4	34
01/07/2007	17,14	51,1	01/09/2007	28,31	27,7	01/11/2007	16	58,3
01/07/2007	25,17	40,9	01/09/2007	27,91	29,8	01/11/2007	11,77	70,3
01/07/2007	27,91	28,8	01/09/2007	26,34	32,9	01/11/2007	9,82	73,4
01/07/2007	29,9	25,2	01/09/2007	24,4	37,9	01/11/2007	9,03	73,6
01/07/2007	28,7	26,8	01/09/2007	16	64,5	01/11/2007	8,23	75
01/07/2007	24,01	34,4	01/09/2007	12,16	73	01/11/2007	7,43	75,8
01/07/2007	26,34	33,5	01/09/2007	10,6	75,2	01/12/2007	7,03	75,8
01/07/2007	24,79	36,2	01/09/2007	9,42	76,1	01/12/2007	6,22	76,7
01/07/2007	16,38	60,7	01/09/2007	8,63	76,3	01/12/2007	5,81	76,8
01/07/2007	12,93	72,2	01/09/2007	8,23	77,9	01/12/2007	6,22	77,4
01/07/2007	10,99	73,8	01/10/2007	7,43	78	01/12/2007	6,22	77,4
01/07/2007	9,82	75,3	01/10/2007	7,03	78,1	01/12/2007	5,81	77,5
01/07/2007	9,42	76,1	01/10/2007	6,62	78,1	01/12/2007	5,81	77,5
01/07/2007	8,63	77	01/10/2007	6,22	78,2	01/12/2007	4,99	77,7
01/08/2007	8,23	77,1	01/10/2007	6,22	78,2	01/12/2007	4,99	77,7
01/08/2007	7,83	77,9	01/10/2007	5,81	77,5	01/12/2007	6,22	74,7
01/08/2007	7,43	78	01/10/2007	5,4	78,4	01/12/2007	14,85	53,1
01/08/2007	7,83	78,8	01/10/2007	4,99	78,4	01/12/2007	21,71	43,5
01/08/2007	7,43	78,9	01/10/2007	4,99	78,4	01/12/2007	26,73	32,8
01/08/2007	6,62	78,1	01/10/2007	6,22	76	01/12/2007	30,31	26
01/08/2007	6,62	78,1	01/10/2007	14,09	56,4	01/12/2007	29,1	25,3
01/08/2007	6,22	78,2	01/10/2007	22,09	45,4	01/12/2007	30,31	24,1
01/08/2007	6,22	78,2	01/10/2007	27,12	38,8	01/12/2007	28,7	24,9
01/08/2007	7,43	75,8	01/10/2007	27,52	28,9	01/12/2007	23,63	35,7
01/08/2007	15,62	55,3	01/10/2007	27,52	27,2	01/12/2007	16	58,8
01/08/2007	23,24	43,8	01/10/2007	29,1	25,6	01/12/2007	11,38	70,9
01/08/2007	26,73	30,2	01/10/2007	25,17	34,5	01/12/2007	9,82	72,8
01/08/2007	25,95	26,2	01/10/2007	24,4	39,4	01/12/2007	8,23	74,3
01/08/2007	29,1	24,2	01/10/2007	16	63,8	01/12/2007	7,83	75
01/08/2007	29,5	23,8	01/10/2007	12,55	72,9	01/12/2007	7,43	75,8
01/08/2007	27,91	26,7	01/10/2007	11,38	75,8	01/13/07	7,03	76,5
01/08/2007	24,79	34,1	01/10/2007	9,82	76,1	01/13/07	6,62	77,4
01/08/2007	16,38	56,9	01/10/2007	9,03	76,9	01/13/07	6,22	77,4
01/08/2007	13,32	69	01/10/2007	8,23	77,1	01/13/07	5,81	77,5

FECHA	TEMP (°C)	HR (%)	FECHA	TEMP (°C)	HR (%)	FECHA	TEMP (°C)	HR (%)
01/13/07	5,4	77,6	01/15/07	11,77	80,2	01/17/07	29,5	33,9
01/13/07	4,99	76,9	01/15/07	12,55	79,1	01/17/07	31,93	24
01/13/07	4,57	77,7	01/15/07	13,7	74,7	01/17/07	30,31	23,6
01/13/07	4,57	77	01/15/07	14,47	73,2	01/17/07	31,52	24
01/13/07	4,15	77,1	01/15/07	15,23	72,4	01/17/07	28,31	23,6
01/13/07	5,4	74,9	01/15/07	16,76	67,4	01/17/07	28,31	23,5
01/13/07	13,7	53,5	01/15/07	18,66	61	01/17/07	18,66	49,5
01/13/07	21,33	44,1	01/15/07	19,42	59,1	01/17/07	14,09	66
01/13/07	27,12	33,1	01/15/07	22,09	52,3	01/17/07	11,77	70,8
01/13/07	30,31	23,7	01/15/07	19,04	60	01/17/07	10,99	73,2
01/13/07	28,31	23,5	01/15/07	15,62	69,5	01/17/07	10,21	73,9
01/13/07	30,31	23,8	01/15/07	14,47	73,9	01/17/07	9,82	75,3
01/13/07	27,12	28,2	01/15/07	13,7	76,2	01/18/07	9,03	76,9
01/13/07	25,17	35,3	01/15/07	13,32	77,1	01/18/07	9,03	76,2
01/13/07	16,38	58,5	01/15/07	12,16	79,1	01/18/07	8,63	75,5
01/13/07	11,77	71,3	01/15/07	10,21	80,4	01/18/07	8,63	76,3
01/13/07	9,42	72,9	01/16/07	9,42	80,5	01/18/07	8,23	76,3
01/13/07	8,63	74,9	01/16/07	9,42	80,5	01/18/07	7,83	77,1
01/13/07	7,83	75	01/16/07	9,03	80,6	01/18/07	7,03	77,3
01/13/07	7,03	75,8	01/16/07	8,63	80,6	01/18/07	7,03	77,3
01/14/07	7,03	77,3	01/16/07	7,83	80,7	01/18/07	7,03	77,3
01/14/07	7,03	78,1	01/16/07	7,43	80,8	01/18/07	7,83	73,8
01/14/07	5,81	76,8	01/16/07	7,03	80,8	01/18/07	18,66	46,5
01/14/07	5,4	76,8	01/16/07	6,62	81,9	01/18/07	29,1	28,5
01/14/07	5,4	76,8	01/16/07	6,22	80,9	01/18/07	29,5	24,2
01/14/07	4,57	76,3	01/16/07	7,83	78,8	01/18/07	32,34	24,1
01/14/07	4,15	76,4	01/16/07	14,85	59,3	01/18/07	30,71	23,7
01/14/07	3,74	75,8	01/16/07	21,71	49,2	01/18/07	31,93	24
01/14/07	2,89	76,7	01/16/07	27,91	43,1	01/18/07	28,7	23,8
01/14/07	4,15	76,4	01/16/07	29,9	31	01/18/07	26,34	25
01/14/07	10,21	70,6	01/16/07	29,9	27,1	01/18/07	19,42	38,6
01/14/07	20,19	49	01/16/07	30,31	26,2	01/18/07	14,47	56,9
01/14/07	26,73	39,8	01/16/07	27,91	29,5	01/18/07	12,55	64,6
01/14/07	28,31	25,2	01/16/07	25,95	34,4	01/18/07	11,38	69,5
01/14/07	27,12	30,6	01/16/07	17,9	57,1	01/18/07	10,99	72
01/14/07	25,17	34,8	01/16/07	13,32	72,2	01/18/07	10,6	74,5
01/14/07	20,95	49	01/16/07	12,16	74,9	01/19/07	10,6	75,2
01/14/07	17,9	60	01/16/07	10,99	75,9	01/19/07	10,6	74,5
01/14/07	16	66,3	01/16/07	9,82	76,8	01/19/07	10,21	73,3
01/14/07	14,85	70,2	01/16/07	10,21	78,4	01/19/07	10,21	70,6
01/14/07	14,09	71,4	01/17/07	9,82	79,4	01/19/07	10,21	69,3
01/14/07	14,09	72,6	01/17/07	9,42	79,5	01/19/07	9,42	72,9
01/14/07	13,7	73,3	01/17/07	8,63	79,6	01/19/07	9,03	73,6
01/14/07	13,7	74	01/17/07	7,83	79,7	01/19/07	8,63	75,5
01/15/07	13,32	74,8	01/17/07	7,43	78,9	01/19/07	8,63	74,9
01/15/07	12,93	76,3	01/17/07	7,03	78,9	01/19/07	9,82	72,8
01/15/07	12,16	78,2	01/17/07	7,03	78,9	01/19/07	22,09	37,9
01/15/07	11,77	80,2	01/17/07	6,62	79	01/19/07	30,71	27,5
01/15/07	11,77	79,2	01/17/07	6,62	79	01/19/07	32,34	24
01/15/07	12,16	79,1	01/17/07	8,23	75,6	01/19/07	32,76	23,8
01/15/07	11,77	79,2	01/17/07	16,38	54,7	01/19/07	32,34	23,8
01/15/07	11,77	79,2	01/17/07	23,63	45	01/19/07	33,17	23,8

FECHA	TEMP (°C)	HR (%)	FECHA	TEMP (°C)	HR (%)	FECHA	TEMP (°C)	HR (%)
01/19/07	31,12	23,9	01/21/07	15,23	71,8	01/24/07	6,62	60,5
01/19/07	28,31	25,7	01/21/07	14,85	73,1	01/24/07	6,22	63,8
01/19/07	20,57	43,4	01/21/07	14,47	73,9	01/24/07	6,22	65,1
01/19/07	14,85	65,1	01/22/07	14,47	73,9	01/24/07	4,99	69
01/19/07	12,93	71,1	01/22/07	14,09	75,4	01/24/07	4,57	70,2
01/19/07	11,38	73,1	01/22/07	13,32	77,1	01/24/07	4,15	71,1
01/19/07	10,21	74,6	01/22/07	13,32	77,1	01/24/07	4,15	70,7
01/19/07	10,21	75,3	01/22/07	12,55	79,1	01/24/07	4,57	69,8
01/20/07	9,42	75,4	01/22/07	12,16	80,2	01/24/07	7,43	66,3
01/20/07	9,42	76,1	01/22/07	11,38	81,4	01/24/07	16,38	40,4
01/20/07	9,03	76,9	01/22/07	10,99	82,7	01/24/07	19,04	35,9
01/20/07	8,63	77	01/22/07	11,77	82,6	01/24/07	19,81	36,5
01/20/07	8,23	77,9	01/22/07	12,16	80,2	01/24/07	24,79	35,7
01/20/07	8,23	77,9	01/22/07	14,47	74,6	01/24/07	30,71	24,7
01/20/07	7,83	77,9	01/22/07	27,12	41,7	01/24/07	31,12	24,8
01/20/07	7,03	78,1	01/22/07	29,1	36,4	01/24/07	29,1	24,4
01/20/07	7,03	78,9	01/22/07	29,1	26,5	01/24/07	28,31	24,2
01/20/07	9,42	74,1	01/22/07	27,12	34,7	01/24/07	18,66	28,2
01/20/07	19,81	48,9	01/22/07	31,12	26,3	01/24/07	10,21	54,3
01/20/07	30,31	31,6	01/22/07	28,31	27,9	01/24/07	8,23	61,5
01/20/07	31,93	24,3	01/22/07	27,91	29,1	01/24/07	8,23	58,2
01/20/07	33,17	23,9	01/22/07	19,42	49,6	01/24/07	6,62	60,9
01/20/07	31,93	24,3	01/22/07	16	64,5	01/24/07	6,22	59,1
01/20/07	31,12	25,3	01/22/07	16	66,3	01/25/07	5,81	55,7
01/20/07	29,1	27,1	01/22/07	15,23	66,9	01/25/07	4,57	64,5
01/20/07	20,57	43,3	01/22/07	14,85	61,6	01/25/07	3,74	67
01/20/07	14,85	63,4	01/22/07	13,7	56,5	01/25/07	3,31	66,2
01/20/07	12,55	70,2	01/23/07	12,16	58,8	01/25/07	3,74	66,1
01/20/07	11,38	70,9	01/23/07	10,6	63,6	01/25/07	3,74	65
01/20/07	10,6	72,1	01/23/07	9,82	61,7	01/25/07	3,31	65,7
01/20/07	10,6	72,1	01/23/07	9,03	64,1	01/25/07	3,31	66,8
01/21/07	9,82	74	01/23/07	8,23	67,8	01/25/07	2,89	67,8
01/21/07	9,82	74	01/23/07	7,83	67,5	01/25/07	5,4	61,1
01/21/07	9,42	76,1	01/23/07	7,03	70,9	01/25/07	19,04	29,7
01/21/07	9,03	76,2	01/23/07	6,62	71,4	01/25/07	20,19	29,8
01/21/07	8,23	77,1	01/23/07	7,03	65,8	01/25/07	30,31	23,7
01/21/07	8,23	77,1	01/23/07	8,63	63,4	01/25/07	24,4	23,8
01/21/07	7,43	78	01/23/07	16	41,3	01/25/07	20,19	29,4
01/21/07	6,62	78,1	01/23/07	18,66	40	01/25/07	17,14	36,5
01/21/07	6,22	78,2	01/23/07	25,95	27,6	01/25/07	16,38	40,3
01/21/07	8,23	73,7	01/23/07	29,1	23,7	01/25/07	16	42,5
01/21/07	19,42	47,8	01/23/07	29,5	24,4	01/25/07	12,55	47,3
01/21/07	30,31	31,8	01/23/07	29,5	24,4	01/25/07	10,21	54,5
01/21/07	31,12	25,7	01/23/07	27,52	23,6	01/25/07	9,03	60,4
01/21/07	31,93	24,9	01/23/07	29,5	24,4	01/25/07	8,63	63,4
01/21/07	30,71	26,4	01/23/07	16,38	34,5	01/25/07	8,63	64,2
01/21/07	30,31	28,4	01/23/07	12,55	43,7	01/25/07	8,23	65,8
01/21/07	28,7	30,6	01/23/07	11,77	45,9	01/26/07	8,23	69,3
01/21/07	25,56	39,7	01/23/07	10,21	52,5	01/26/07	7,83	72,7
01/21/07	19,04	61,2	01/23/07	9,03	54,1	01/26/07	7,83	74,4
01/21/07	16,38	69,4	01/23/07	8,63	54,1	01/26/07	7,83	75
01/21/07	16	70,5	01/24/07	7,03	57,7	01/26/07	7,83	76,4

FECHA	TEMP (°C)	HR (%)	FECHA	TEMP (°C)	HR (%)	FECHA	TEMP (°C)	HR (%)
01/26/07	7,83	77,1	01/26/07	20,95	53,8	01/26/07	9,82	80,5
01/26/07	7,83	77,9	01/26/07	25,56	43,2	01/26/07	9,82	82,8
01/26/07	7,83	78,8	01/26/07	14,47	68,3	01/26/07	9,42	82,8
01/26/07	7,83	79,7	01/26/07	15,62	68,1	01/27/07	9,42	82,8
01/26/07	8,63	77,8	01/26/07	15,23	69,6	01/27/07	9,82	82,8
01/26/07	9,82	76,1	01/26/07	12,93	76,3	01/27/07	9,82	84,1
01/26/07	15,62	63,2	01/26/07	11,38	79,2	01/27/07	10,21	84,1
01/26/07	21,33	50,1	01/26/07	10,6	80,4			

anexo V Riego Aportado

1.- Volúmenes de riego semanal año 1999

DÍAS RIEGO	SEMANAS	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-7	L-8
21-24-26/dic/99	1	0,5358	0,3793	0,4677	0,4198	0,4281	0,4726	0,4715	0,4634
29/dic/99 Y 2/ene/00	2	0,2516	0,2127	0,2171	0,2516	0,2895	0,2611	0,2463	0,2071
5-8/ene/00	3	0,2599	0,2239	0,2258	0,2233	0,0934	0,248	0,2142	0,2232
11-15/ene/00	4	0,2282	0,2464	0,2243	0,2404	0,2338	0,2312	0,2371	0,2479
19-22/ene/00	5	0,2036	0,3806	0,3447	0,3278	0,4008	0,2136	0,2687	0,3036
26-29/ene/00	6	0,4965	0,4985	0,4935	0,4958	0,5141	0,5101	0,5	0,5023
2-5/feb/00	7	0,4579	0,5796	2,276	0,5327	0,582	0,5909	0,6236	0,5885
9-12/feb/00	8	0,6389	0,6416	0,6429	0,6398	0,6803	0,6549	0,6692	0,6749
16-19/feb/00	9	0,4828	0,6408	0,5972	0,5989	0,6052	0,6074	0,6213	0,6356
23-26/feb/00	10	0,6	0,6748	0,6353	0,6675	0,6274	0,7073	0,6425	0,6097
2-5/mar/00	11	0,6175	0,609	0,6364	0,6166	0,606	0,7002	0,6012	0,6005
9-12/mar/00	12	0,571	0,6845	0,8222	0,8366	0,6438	0,6691	0,7246	0,7006
15-17-18/mar/00	13	0,6333	0,6852	0,6545	0,6691	0,6206	0,6431	0,6432	0,6301
22-24-26/mar/00	14	0,5999	0,6278	0,6005	0,6069	0,6385	0,6632	0,7415	0,6085
29-31/mar/00 y 2/abr/00	15	0,8395	0,7921	1,1149	0,8681	0,6999	0,7384	0,7506	0,7251
5-7-9/abr/00	16	0,9898	1,0271	1,1924	1,0927	1,1833	1,0277	1,0607	0,9449
12-14-16/abr/00	17	1,3937	1,4937	1,5036	1,6048	1,455	1,4193	1,4433	1,3986
19-21-23/abr/00	18	1,4974	1,5584	1,8509	1,7658	1,7041	1,6369	1,6808	1,5622
26-28-29-30/abr/00	19	1,7563	1,8368	2,1706	2,0376	1,7391	1,7689	1,7778	1,8656
3-5-6-7/may/00	20	1,3653	1,4351	1,3807	1,4222	1,4437	1,4684	1,3963	1,3455
10-12-13-14/may/00	21	1,3851	1,4545	1,697	1,7405	1,6628	1,461	1,4918	1,4372
17-18-19-20-21/may/00	22	1,6008	1,6853	1,6441	1,6686	1,8867	1,6575	1,6578	1,7185
24-26-27-28/may/00	23	1,3009	1,3376	1,5776	1,722	1,5263	1,3952	1,3643	1,2701
31/may/99 y 1-2-3-4/jun/00	24	1,6066	1,6746	2,0702	2,2624	2,1217	1,6515	1,6639	1,7102
7-8-10-11/jun/00	25	1,8641	1,6671	1,922	2,1198	2,0033	1,6346	1,6921	1,823
14-16-17-18/jun/00	26	1,6706	1,69	1,9245	2,0101	1,9913	1,6585	1,6991	1,5936
21-22-23-24-25/jun/00	27	2,2461	2,317	2,7277	2,8742	2,9149	2,3794	2,4007	2,5367
28-29-30/jun/99 y 1-2/jul/00	28	2,8557	2,3977	3,4361	3,5651	3,5257	3,1466	3,2092	3,1842
5-7-8-9/jul/00	29	2,3324	2,513	2,7769	2,9419	2,7783	2,058	2,5139	2,5405
12-14-16-19/jul/00	30	2,632	2,8899	3,0167	2,8457	2,7984	2,7351	2,8609	2,7437
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³)		33,9132	34,8546	40,844	39,6683	38,398	35,0097	35,8681	35,3955
SUMA DESDE PLANTACIÓN (l/m ²)		656,978	675,215	791,244	768,468	743,859	678,220	694,849	685,694
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³ /ha)		6569,779	6752,150	7912,437	7684,676	7438,590	6782,197	6948,489	6856,935

TOTAL RIEGO 1999

TRATAMIENTO	l/m ²
T-1 (2 y 5)	709,537
T-2 (1 y 6)	667,599
T-3 (4 y 7)	731,658
T-4 (3 y 8)	738,469
MEDIA (m ³ /ha)	7118,158

Nota: Se refiere al año de riegos 1999 (campaña 1999-2000)

2.- Volúmenes de riego semanal año 2000

m³ riego

DÍAS RIEGO	SEMANAS	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-7	L-8
21/dic/2000	1	0,8757	1,0789	1,3601	1,4796	1,5619	1,1308	1,1451	1,1355
30/dic/2001	2	0,1929	0,2423	0,3542	0,3611	0,2540	0,2901	0,2351	0,2473
4/ene/2001	3	0,2323	0,2322	0,2230	0,2281	0,2541	0,2273	0,2395	0,2352
10-14/ene/01	4	0,5028	0,1998	0,5424	0,5386	0,5589	0,579	0,514	0,4813
17-21/ene/01	5	0,4135	0,4183	0,5091	0,5288	0,5054	0,4271	0,4209	0,4209
24-28/ene/01	6	0,424	0,4323	0,4013	0,3941	0,419	0,4186	0,4	0,4221
31/ene/01 y 4/feb/01	7	0,3972	0,4458	0,4243	0,4153	0,5209	0,3826	0,3879	0,4049
7-11/feb/01	8	0,4499	0,4246	0,3936	0,5626	0,5351	0,5701	0,3865	0,3976
14-18/feb/01	9	0,4043	0,4015	0,42	0,4191	0,4086	0,4066	0,4013	0,4077
22-25/feb/01	10	0,4048	0,4262	0,5026	0,4092	0,5437	0,4013	0,4107	0,4063
28/feb/01 y 1-3/mar/01	11	0,6231	0,6057	0,6362	0,6452	0,6215	0,6396	0,5937	0,6235
6-8-10/mar/01	12	0,6658	0,6505	0,7338	0,7236	0,7511	0,6173	0,6639	0,6108
13-15-17/mar/01	13	0,6193	0,6071	0,6102	0,607	0,6662	0,5868	0,5341	0,3997
20-22-24/mar/01	14	0,6039	0,6382	0,5989	0,6299	0,6651	0,6182	0,5981	0,6034
27-29-31/mar/01	15	0,5888	0,6012	0,7142	0,7099	0,7275	0,6154	0,6087	0,5842
3-5-7/abr/01	16	0,6011	0,5879	0,6899	0,7189	0,7514	0,6043	0,5707	0,6049
10-12-13-14/abr/01	17	0,7971	0,7166	1,0001	0,7076	1,0132	0,7334	0,705	0,7071
17-18-19-21/abr/01	18	0,8942	1,01	0,8946	0,9703	0,9857	0,7838	1,4117	0,7798
24-25-26-27-28/abr/01	19	1,1507	1,159	1,2041	1,3834	1,4012	1,204	1,2024	1,2209
1-2-3-4-5/may/01	20	1,0434	0,9318	1,2519	1,2291	1,1816	0,8876	0,8631	0,735
8-9-10-11-12/may/01	21	1,1138	1,241	1,3184	1,2993	1,6386	0,7665	1,0321	1,0985
15-16-17-18-19/may/01	22	1,1411	1,1939	1,3162	1,4655	1,2824	1,0696	1,1734	1,1903
22-23-24-25-26/may/01	23	1,1719	1,2648	1,1487	0,9905	1,3797	1,2478	1,2456	1,2589
29-30-31/may/01 y 1-2/ jun/01	24	1,1064	1,2975	1,3218	1,2949	1,3276	1,2303	1,2615	1,5699
5-6-7-8-9/jun/01	25	1,499	1,3433	0,7376	1,5695	1,4224	1,4112	1,3628	1,1914
12-13-14-15-16/jun/01	26	1,6885	1,5687	1,3577	1,5867	1,6388	1,5386	1,4832	1,4476
19-20-21-22-23/jun/01	27	1,5488	1,4399	1,4011	1,3535	1,695	1,5589	1,3784	1,2771
26-27-28-29-30/jun/01	28	1,3521	1,2663	1,2922	1,1421	1,4864	1,2762	1,2756	1,227
3-4-5/jul/01	29	1,0645	0,9657	0,9845	0,8077	1,0370	0,9287	0,8749	0,7938
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m³)		23,5699	23,389	24,3416	25,1711	27,224	23,1507	23,3799	22,4826
SUMA DESDE PLANTACIÓN (l/m²)		456,604	453,101	471,554	487,623	527,392	448,483	452,923	435,540
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m³/ha)		4566,040	4530,996	4715,537	4876,230	5273,925	4484,831	4529,233	4355,405

TOTAL RIEGO 2000

TRATAMIENTO	l/m ²
T-1 (2 y 5)	490,246
T-2 (1 y 6)	452,544
T-3 (4 y 7)	470,273
T-4 (3 y 8)	453,547
MEDIA (m³ /ha)	4666,524

3.- Volúmenes de riego semanal año 2001

DÍAS RIEGO	SEMANAS	m ³ riego							
		L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-7	L-8
13-15/dic/01	1	0,655	0,6632	0,8833	0,8715	0,9158	0,6843	0,731	0,6447
19-22/dic/01	2	0,2624	0,288	0,3555	0,338	0,3648	0,2858	0,2887	0,273
27-29/dic/01	3	0,3093	0,2866	0,4485	0,4622	0,4481	0,2716	0,2848	0,2482
3-5/ene/02	4	0,3188	0,3193	0,3649	0,3705	0,345	0,2909	0,282	0,2878
9-12/ene/02	5	0,3215	0,3364	0,3584	0,386	0,3483	0,2914	0,2969	0,2732
16-19/ene/02	6	0,288	0,2982	0,4041	0,4651	0,4384	0,2934	0,3156	0,2401
23-26/ene/02	7	0,3429	0,2814	0,2485	0,4264	0,3856	0,3055	0,3341	0,2903
30/ene/02 y 2/feb/02	8	0,3063	0,3136	0,269	0,3484	0,3464	0,3162	0,3161	0,3024
6-9/feb/02	9	0,3087	0,304	0,2935	0,2994	0,329	0,2859	0,2895	0,2786
13-14-16/feb/02	10	0,3562	0,3492	0,3595	0,3334	0,3628	0,3566	0,3928	0,2968
20-23/feb/02	11	0,3085	0,2954	0,5668	0,2843	0,2818	0,2961	0,2863	0,2894
27/feb/02 y 2/mar/02	12	0,2904	0,3138	0,3048	0,3212	0,3156	0,2964	0,3174	0,3033
5-7-9/mar/02	13	0,3012	0,3128	0,3067	0,3013	0,3357	0,288	0,3772	0,3044
12-14-15-16/mar/02	14	0,4541	0,2976	0,4	0,4892	0,4676	0,43	0,4102	0,4086
20-21-22-23/mar/02	15	0,4738	0,3326	0,4573	0,4418	9,5702	0,4526	0,4685	0,468
26-27-28-29-30/mar/02	16	1,0359	1,0258	1,0853	1,1147	0,9483	1,0392	1,0464	1,039
2-4-5-6/abr/02	17	1,225	1,2034	1,2451	1,1927	1,3737	1,223	1,2946	1,2189
9-10-11-12-14/abr/02	18	1,5851	1,6072	1,6318	1,5568	1,5306	1,3592	1,542	1,5013
16-17-18-19-20/abr/02	19	1,6215	1,6434	1,6258	1,6307	1,7998	1,5986	1,6148	1,617
23-24-25-26-27/abr/02	20	1,7579	1,7065	1,7057	1,726	1,6801	1,7198	1,7492	1,8506
30/abr/02 y 1-2-3-4/ may/02	21	1,3708	1,3494	1,3357	1,3634	1,3752	1,267	1,3679	1,1465
7-8-9-10-11/may/02	22	0,7086	0,8909	0,8597	0,8444	2,5642	0,8822	0,8418	0,9052
14-15-16-17-18/may/02	23	1,1653	1,1728	1,1591	1,1726	0,8538	1,1512	1,2016	1,0957
21-22-23-24-25/may/02	24	1,5801	1,5864	1,6154	1,5837	1,6145	1,6418	1,5984	1,438
28-29-30-31/may/02 y 1/jun/02	25	2,5856	2,514	2,7862	2,5663	2,6832	2,8048	2,4863	2,6251
4-5-6-7-8/jun/02	26	1,633	1,6401	1,6244	1,5371	1,7909	1,4869	1,6834	1,4516
11-12-13-14-15/jun/02	27	1,6526	1,3485	1,649	1,9324	1,5979	1,6714	1,8039	1,6973
18-19-21-22/jun/02	28	2,1989	2,1069	2,0303	2,2802	2,3816	2,1708	2,5053	2,1369
25-26-27/jun/02	29	1,3732	1,1051	1,0855	1,2995	1,2022	1,1907	1,1805	1,2511
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³)		26,791	25,893	27,46	27,939	38,651	26,351	27,307	25,883
SUMA DESDE PLANTACIÓN (l/m ²)		519,004	501,608	531,964	541,244	748,760	510,480	529,000	501,414
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³ /ha)		5190,043	5016,079	5319,644	5412,437	7487,602	5104,804	5290,004	5014,142

TOTAL RIEGO 2001

TRATAMIENTO	l/m ²
T-1 (2 y 5)	625,184
T-2 (1 y 6)	514,742
T-3 (4 y 7)	535,122
T-4 (3 y 8)	516,689
MEDIA (m ³ /ha)	5479,344

4.- Volúmenes de riego semanal año 2002

DÍAS RIEGO	SEMANAS	m ³ riego							
		L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-7	L-8
08-ene-03	1	2,1313	1,2501	1,7661	1,9253	1,9574	0,3227	2,1568	1,7643
28-ene-03	4	1,1919	1,2115	1,1359	1,0576	1,1488	1,1923	1,2381	1,6337
04-feb-03	5	0,766	0,4345	0,4419	0,5285	0,5455	0,552	0,4791	0,6406
19-feb-03	7	1,5911	1,5619	0,939	1,4872	1,4617	1,5176	1,6553	1,3185
05-mar-03	9	1,3232	1,1531	1,2226	1,1752	1,2047	1,2149	1,2725	1,4321
20-mar-03	11	1,205	0,9857	0,7753	0,9828	1,2203	1,1599	1,0618	1,1708
02-abr-03	13	1,4317	1,6586	1,6966	1,6656	1,7574	1,8763	1,7439	1,7721
08-abr-03	14	4,1166	0,7471	3,8646	1,0297	1,0936	0,9656	1,971	1,1226
17-abr-03	15	1,0031	1,1941	0,6826	1,1774	1,658	1,3242	2,0031	1,2076
02-may-03	17	2,8242	3,0485	2,6337	2,8139	3,4739	3,012	2,9593	3,7359
15-may-03	19	2,3684	2,8688	2,0709	2,1857	3,4685	2,2069	2,6214	3,3334
28-may-03	21	3,1958	2,9573	3,0412	3,0696	3,4087	4,1477	3,3276	2,9679
18-jun-03	24	4,125	2,9785	6,795	2,8589	6,692	4,6336	4,566	5,8128
08-jul-03	27	3,6165	3,2164	2,8366	2,5353	4,332	3,9147	2,7425	3,5668
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³)		30,8898	25,2661	29,902	24,4927	33,4225	28,0404	29,7984	31,4791
SUMA DESDE PLANTACIÓN (l/m ²)		598,408	489,463	579,272	474,481	647,472	543,208	577,265	609,824
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³ /ha)		5984,076	4894,634	5792,716	4744,808	6474,719	5432,081	5772,646	6098,237

TOTAL RIEGO 2002

TRATAMIENTO	l/m ²
T-1 (1, 4 y 5)	573,454
T-2 (2 y 6)	516,336
T-3 (3, 7 y 8)	588,787
MEDIA (m ³ /ha)	5595,254

Nota: Se refiere a los datos de riego del año de ensayo 2002, plantación en diciembre de 2002 y levantamiento de cultivo en julio de 2003 (campaña 2002-2003)

5.- Volúmenes de riego semanal año 2003

DÍAS RIEGO	SEMANAS	m ³ riego							
		L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-7	L-8
16-17-18/dic/2003	1	1,9924	0,7515	1,1841	0,8074	0,6176	0,8022	1,1981	1,9939
30/dic/2003	2	0,5480	0,4359	0,4081	0,5385	0,9159	0,4757	0,5474	0,5810
13/ene/2004	3	0,9015	0,7846	0,6175	0,4236	1,0003	0,9252	0,8692	0,9900
22-24/ene/04	4	0,8505	0,8918	1,3999	0,6290	0,7954	0,8626	0,9665	1,1326
28-30/ene/04	5	0,6703	0,6928	0,7610	0,6503	0,7003	0,6757	0,8207	0,8168
NUEVO CULTIVO									
10/feb/2004	1	0,5470	0,5183	0,4210	0,4989	0,5334	0,5604	0,5057	0,5212
17/feb/2004	2	0,5000	0,5020	0,5006	0,5016	0,5007	0,5005	0,5001	0,5000
03-06/mar/04	3	0,6010	0,6012	0,6119	0,6108	0,6033	0,6289	0,6006	0,6017
11-12-13-15/mar/04	4	0,6608	0,6537	0,7073	0,6663	0,6649	0,6590	0,7049	0,6750
20-21/mar/04	5	0,2560	0,2526	0,2616	0,2539	0,2541	0,2522	0,2753	0,2510
26-27-28-29/mar/04	6	0,9028	0,9000	0,9000	0,9071	0,9053	0,9070	0,9071	0,9017
31/mar/03 y 1-2-3-4-5/ abr/04	7	1,9213	1,9136	2,0821	1,9039	1,9159	1,9000	1,9011	1,9009
7-8-9-10-11-12/abr/04	8	2,1002	2,1000	2,1000	2,1000	2,1011	2,1017	2,1000	2,1000
14-15-16-17-19/abr/04	9	0,9019	0,9049	0,9043	0,9109	0,9010	0,9001	0,9039	0,9009
21-23-24-25-26/abr/04	10	1,0021	0,9951	0,9989	0,9912	0,9990	0,9999	0,9961	1,0038
28-29-30/abr y 2-3/ may/04	11	0,8960	0,9002	0,8968	0,8979	0,9042	0,9000	0,9009	0,8970
5-6-7-8-9-10/may/04	12	1,4972	1,5010	1,7584	1,5000	1,4979	1,5000	1,5115	1,4983
12-13-14-16-17-18/ may/04	13	2,2498	2,2488	2,2488	2,2500	2,2559	2,2500	2,2408	2,2500
19-20-21-22-23-24/ may/04	14	2,1500	2,1500	2,1500	2,1500	2,1511	2,1500	2,1500	2,1684
26-27-28-29-30-31/ may/04	15	1,7000	1,7000	1,7000	1,7000	1,7001	1,7000	1,7000	1,7000
2-3-4-5-6-7/jun/04	16	2,1000	2,1000	2,1000	2,1000	2,0988	2,1000	2,1000	2,1000
9-10-11-12-13-14/jun/04	17	2,3500	2,3444	2,3500	2,3522	2,3500	2,3500	2,3506	2,3500
16-17-18-19-20-21/ jun/04	18	1,7150	1,7007	1,7001	1,7064	1,7009	1,7013	1,6996	1,7035
23-24-25-26-27-28/ jun/04	19	1,6350	1,6493	1,6625	1,6437	1,6491	1,6487	1,6498	1,6465
30/jun y 1-2-3-4-5/ jul/04	20	2,2001	2,2000	2,4242	2,1977	2,2049	2,2027	2,2045	2,2000
7-8-9-10-11-12/jul/04	21	2,4068	2,4000	2,3995	2,4000	2,3951	2,3973	2,3955	2,4000
14-15-16-17-18-19/ jul/04	22	1,9931	1,9974	2,0016	2,0002	2,0000	2,0000	2,0037	2,0113
21-22-23-24-25-26/ jul/04	23	2,0335	1,9999	2,0264	2,0988	1,9923	1,9796	1,9988	2,0013
28-29/jul/04	24	0,4188	0,4579	0,4220	0,3510	0,4577	0,4722	0,4475	0,4548
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³)		33,6914	33,6707	34,4064	33,6920	33,7026	33,7006	33,7422	33,7161
SUMA DESDE PLANTACIÓN (l/m ²)		652,681	652,280	666,532	652,693	652,898	652,859	653,665	653,150
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³ /ha)		6526,811	6522,801	6665,324	6526,928	6528,981	6528,594	6536,652	6531,596

TOTAL RIEGO 2003

TRATAMIENTO	l/m ²
T-E (1 y 5)	652,789
T-I (2, 4 y 6)	652,611
T-C (3, 7 y 8)	657,786
MEDIA (m ³ /ha)	6543,953

6.- Volúmenes de riego semanal año 2004

DÍAS RIEGO	SEMANAS	m ³ riego							
		L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-7	L-8
18/dic/04	1	3,3051	1,0636	1,5072	1,5682	1,8435	1,7257	1,3292	3,2971
23-26/dic/04	2	0,7516	1,049	1,1104	1,0962	1,0793	1,0073	1,1779	0,9803
8/ene/05	3	0,9413	0,718	1,1641	0,8947	0,7846	0,8413	0,9621	0,8597
13-16/ene/05	4	1,318	1,7378	2,1142	1,9987	2,2311	2,0893	1,7967	1,2006
22/ene/05	5	0,5842	0,6381	0,5909	0,5747	0,5979	0,4768	0,6244	0,5465
28/ene/05	6	0,3606	0,2329	0,3697	0,3477	0,366	0,2825	0,4017	0,3627
4-6/feb/05	7	0,4331	0,3618	0,4433	0,4104	0,4494	0,3297	0,4742	0,3886
10-13/feb/05	8	0,5267	0,3819	0,5083	0,4367	0,5432	0,2764	0,7714	0,5146
18-20/feb/05	9	0,2363	0,2698	0,3101	0,298	0,2995	0,1982	0,2945	0,2764
23-27/feb/05	10	0,2253	0,2264	0,2668	0,2485	0,2444	0,2314	0,2419	0,2218
2-4/mar/05	11	0,2571	0,257	0,2584	0,2821	0,2791	0,2714	0,2941	0,2522
8-9-12/mar/05	12	0,4981	0,4757	0,5354	0,5437	0,5191	0,4747	0,5279	0,4922
15-16-18-20/mar/05	13	0,3425	0,3392	0,3759	0,382	0,3772	0,3693	0,3772	0,3436
25/mar/05	14	0,125	0,1243	0,1278	0,1441	0,1369	0,1225	0,1381	0,1179
29-31/mar/05 y 2/ abr/05	15	0,4583	0,4365	0,4768	0,4733	0,4495	0,439	0,437	0,4358
6-7-10/abr/05	16	0,752	0,6427	0,7438	0,7534	0,7495	0,7709	0,7729	0,7005
12-14-15-16/abr/05	17	0,793	0,7663	0,8662	0,9083	1,1045	0,8436	0,7581	0,7662
19-20-22-23/abr/05	18	0,756	0,8238	0,8814	0,758	0,5974	0,8025	0,8292	0,806
26-27-29-30/abr/05	19	0,8761	0,9023	0,7167	0,8754	0,8507	0,8775	0,8583	0,8288
3-4-5-6-7/may/05	20	1,1576	1,0691	1,1192	1,129	1,1397	1,0758	1,0638	1,0469
10-11-13-14/may/05	21	0,8482	0,9082	0,9563	0,9865	0,9477	0,9137	0,9099	0,8516
17-18-20-21/may/05	22	1,0964	1,0431	1,0681	1,1423	1,0879	1,0599	1,1195	1,0201
24-25-27-28/may/05	23	1,2685	1,2079	1,3363	1,3247	1,2643	1,228	1,2906	1,1706
31/may/05 y 1-3-4/ jun/05	24	1,3935	1,3062	1,39	1,4595	1,3985	1,5597	1,5174	1,4773
7-8-10-11/jun/05	25	1,3088	1,2181	1,348	1,3654	1,3178	1,2745	1,3137	1,1463
14-15-17-18/jun/05	26	1,5739	1,3962	1,6115	1,6532	1,5874	1,4868	1,6093	1,5018
21-22-24-25/jun/05	27	1,5371	1,7061	1,5177	1,5532	1,5031	1,7626	1,7338	1,8423
28-29-30/jun/05 y 1-2/ jul/05	28	1,7909	1,6706	1,8392	1,9265	2,4955	1,9847	3,0743	1,7935
5-6-8-9/jul/05	29	1,5539	1,4052	1,611	2,8574	1,5885	1,3696	1,6134	1,5423
12-13-15-16/jul/05	30	1,2094	1,1312	4,7655	1,2428	1,6978	1,0791	1,2778	1,1495
19/jul/05	31	0,1862	0,1761	0,3387	0,1867	0,6499	0,1715	0,1944	0,1868
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³)		28,4647	25,6851	32,2689	29,8213	30,1809	27,3959	29,7847	28,1205
SUMA DESDE PLANTACIÓN (l/m ²)		551,428	497,580	625,124	577,708	584,675	530,723	576,999	544,760
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³ /ha)		5514,277	4975,804	6251,240	5777,083	5846,745	5307,226	5769,992	5447,598

TOTAL RIEGO 2004

TRATAMIENTO	l/m ²
T-E (1 y 5)	568,051
T-I (2, 4 y 6)	535,337
T-C (3, 7 y 8)	582,294
MEDIA (m ³ /ha)	5618,940

7.- Volúmenes de riego semanal año 2005

DÍAS RIEGO	SEMANAS	m ³ riego							
		L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-7	L-8
21,23/12/05	1	2,272	2,8589	1,9716	1,5821	2,2331	2,2097	3,1599	2,2484
28/12/2005	2	0,4744	0,1564	0,5232	0,2137	0,3118	0,2703	0,2154	0,5753
07/01/2006	3	0,0441	0,2481	0,0646	0,0966	0,0803	0,094	1,3046	0,0412
14/01/2006	4	0,5124	0,3336	0,2892	0,3442	0,3564	0,3748	0,4104	0,3716
17,21/01/06	5	1,2111	1,0499	1,0473	1,947	1,4491	1,6	0,9058	1,0519
24,26,28/01/06	6	1,8648	1,8646	1,7267	2,0182	2,0219	2,7264	1,8829	1,8682
7,11/02/06	7	0,7702	0,527	0,4045	0,6322	0,715	0,6087	1,8257	0,5934
17/02/2006	8	0,3557	0,2746	0,2492	0,292	0,3665	0,3341	0,3831	0,2998
21,23/02/06	9	0,5507	0,4248	0,483	0,4741	0,5585	0,5077	0,5655	0,5923
1,3/03/06	10	0,5191	0,2385	0,2613	0,4051	0,5156	0,4129	0,5102	0,4378
8,10/03/06	11	0,4493	0,3285	0,2998	0,3314	0,477	0,4054	0,456	0,4335
15,17/03/06	12	0,612	0,381	0,9397	0,7812	0,5948	0,431	5,0766	0,5735
21,23/03/06	13	0,4104	0,2069	0,2605	0,274	0,2954	0,2851	0,202	0,4173
29,31/03/06	14	0,778	0,4719	0,5114	0,6064	0,7077	0,6626	0,6438	0,7758
5,7/04/06	15	0,5279	0,3066	0,2563	0,1042	0,5454	0,4694	0,393	0,4722
12,14/04/06	16	0,9397	0,8692	0,9118	0,9705	0,933	0,8615	0,8707	0,8362
18,19,21,22/04/06	17	1,6824	1,54	1,6241	1,7547	1,6705	1,5335	1,5805	1,2056
25,26,28,29/04/06	18	1,5522	1,1728	1,7163	1,6072	1,525	1,3876	1,4154	1,2945
3,5,6/05/06	19	2,8223	2,5574	2,5731	2,8754	2,7703	2,4941	2,5031	2,2023
9,10,12,13/05/06	20	2,4662	2,201	2,4169	2,4892	2,4243	2,1581	2,1365	1,9272
16,17,19/05/06	21	1,8037	1,3429	1,4518	1,4953	1,4759	1,3252	1,3295	1,534
23,24,26/05/06	22	1,6362	1,6388	1,8891	1,9752	1,8898	1,6972	1,702	1,4822
30,31/05/06	23	2,2456	1,9611	2,0913	2,2041	2,0937	1,9295	1,8848	1,7179
6,8,10/06/06	24	1,8433	1,722	1,8151	1,816	1,8506	1,7582	1,7418	1,6325
13,15,17/06/06	25	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86
20,22,24/06/06	26	1,86	1,86	1,32	1,86	1,76	2,86	1,04	1,84
27,29,30/06/06	27	2,04	2,04	2,06	2,04	2,04	2,04	1,22	2,04
4,5,7,8/07/06	28	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
11,13,15/07/06	29	1,8	1,79	1,8	2,2	1,8	1,8	1,8	1,8
18,20,22/07/06	30	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
25,28,29/07/06	31	1,86	1,68	2,4391	2,1112	1,9806	0,5887	1,6358	1,068
1,5/08/06	32	1,2578	1,2252	1,4359	1,4534	0,5288	1,1144	1,0848	0,9183
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³)		42,7215	38,8317	40,3928	42,5146	41,531	40,5001	45,4398	37,8109
SUMA DESDE PLANTACIÓN (l/m ²)		854,43	776,634	807,856	850,292	830,62	810,002	908,796	756,218
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³ /ha)		8544,3	7766,34	8078,56	8502,92	8306,2	8100,02	9087,96	7562,18

TOTAL RIEGO 2005

TRATAMIENTO	l/m ²
T-E (1 y 5)	8425,00
T-I (2, 4 y 6)	8123,00
T-C (3, 7 y 8)	8242,67
MEDIA (m ³ /ha)	8243,56

8.- Volúmenes de riego por lixímetro y necesidades hídricas, año 2006

RIEGO

litros/parcela

PARCELA	RIEGO PLANT.	RIEGO CUBETA	2 RIEGOS SOLARIZACIÓN	AGUA TOTAL
L-1	2199,8	22100,0	3222,0	24299,8
L-2	2181,0	22350,0	3112,0	24531,0
L-3	2210,0	22150,0	3152,0	24360,0
L-4	2175,0	23046,0	3237,0	25221,0
L-5	2200,0	22700,0	3107,0	24900,0
L-6	2200,0	22300,0	3157,0	24500,0
L-7	2200,0	22000,0	3010,0	24200,0
L-8	2196,0	22050,0	2926,0	24246,0
PROMEDIO	2195,2	22337,0	3115,4	24532,2

litros/m²

PARCELA	RIEGO PLANT.	RIEGO CUBETA	2 RIEGOS SOLARIZACIÓN	AGUA TOTAL
L-1	44,0	442,0	64,4	486,0
L-2	43,6	447,0	62,2	490,6
L-3	44,2	443,0	63,0	487,2
L-4	43,5	460,9	64,7	504,4
L-5	44,0	454,0	62,1	498,0
L-6	44,0	446,0	63,1	490,0
L-7	44,0	440,0	60,2	484,0
L-8	43,9	441,0	58,5	484,9
PROMEDIO	43,9	446,7	62,3	490,6

m³/Ha

PARCELA	RIEGO PLANT.	RIEGO CUBETA	2 RIEGOS SOLARIZACIÓN	AGUA TOTAL
L-1	440,0	4420,0	644,4	4860,0
L-2	436,2	4470,0	622,4	4906,2
L-3	442,0	4430,0	630,4	4872,0
L-4	435,0	4609,2	647,4	5044,2
L-5	440,0	4540,0	621,4	4980,0
L-6	440,0	4460,0	631,4	4900,0
L-7	440,0	4400,0	602,0	4840,0
L-8	439,2	4410,0	585,2	4849,2
PROMEDIO	439,0	4467,4	623,1	4906,4

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS 2006 (Campaña 2006-2007)

FECHA	LECT. ANT (mm)	LECT. ACTUAL (mm)	DIF. DIAS	Kc	Eto (mm/día)	Nt (mm/día)	Nt (L*sem / PARC)
20/12/2006		10,40					
25/01/2007	10,40	58,60	36	0,50	1,34	0,60	208,46
13/02/2007	48,60	56,20	19	0,70	0,40	0,25	87,19
23/02/2007	56,20	69,70	10	0,77	1,35	0,92	323,69
02/03/2007	69,70	85,00	7	0,80	2,19	1,56	544,48
09/03/2007	85,00	102,30	7	0,83	2,47	1,82	638,75
16/03/2007	63,80	78,70	7	0,85	2,13	1,61	563,39
23/03/2007	78,70	97,80	7	0,90	2,73	2,18	764,68
30/03/2007	0,00	10,80	7	0,95	1,54	1,30	456,41
13/04/2007	10,80	31,60	14	0,95	2,90	2,45	857,87
20/04/2007	31,60	47,00	7	0,95	2,20	1,86	650,80
30/04/2007	47,00	75,00	10	0,95	2,80	2,37	828,29
04/05/2007	75,00	84,20	4	0,95	2,30	1,94	680,38
11/05/2007	46,00	76,00	7	0,95	4,29	3,62	1267,79
21/05/2007	76,00	108,00	10	0,95	3,20	2,70	946,62
28/05/2007	0,00	20,60	7	0,95	2,94	2,49	870,55
04/06/2007	20,60	53,50	7	0,95	4,70	3,97	1390,35
11/06/2007	53,50	82,50	7	0,95	4,14	3,50	1225,53
18/06/2007	44,30	74,80	7	0,95	4,36	3,68	1288,92
25/06/2007	0,00	30,50	7	0,95	4,36	3,68	1288,92
02/07/2007	30,50	64,50	7	0,95	4,86	4,11	1436,83
09/07/2007	64,50	97,00	7	0,95	4,64	3,92	1373,44
16/07/2007	57,80	84,20	7	0,90	3,77	3,02	1056,94
23/07/2007	0,00	30,00	7	0,85	4,29	3,24	1134,34

anexo VI Volúmenes lixiviados

1.- Volumen semanal lixiviado año 1999

FECHA	SEMANAS	m ³ lixiviados							
		L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-7	L-8
25/ene/00	5	0,000	0,097	0,215	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9/feb/00	8	0,340	0,594	1,803	0,524	0,614	0,472	0,544	0,532
16/feb/00	9	0,331	0,367	0,764	0,611	0,416	0,417	0,426	0,380
23/feb/00	10	0,260	0,388	0,421	0,441	0,388	0,371	0,391	0,362
2/mar/00	11	0,267	0,345	0,413	0,219	0,333	0,471	0,353	0,284
9/mar/00	12	0,300	0,339	0,397	0,293	0,320	0,273	0,287	0,268
16/mar/00	13	0,166	0,293	0,466	0,293	0,302	0,288	0,291	0,252
23/mar/00	14	0,168	0,249	0,272	0,189	0,209	0,200	0,168	0,181
30/mar/00	15	0,002	0,073	0,080	0,174	0,074	0,065	0,116	0,040
6/abr/00	16	0,000	0,000	0,041	0,103	0,000	0,000	0,000	0,000
13/abr/00	17	0,000	0,029	0,237	0,157	0,120	0,001	0,002	0,001
20/abr/00	18	0,143	0,329	0,529	0,974	0,430	0,368	0,303	0,178
27/abr/00	19	0,340	0,473	0,299	0,239	0,524	0,365	0,517	0,387
4/may/00	20	0,356	0,493	0,410	0,239	0,346	0,332	0,449	0,477
11/may/00	21	0,303	0,323	0,590	0,353	0,324	0,496	0,361	0,107
18/may/00	22	0,159	0,316	0,488	0,415	0,276	0,258	0,285	0,183
25/may/00	23	0,067	0,298	0,338	0,142	0,399	0,377	0,349	0,252
1/jun/00	24	0,000	0,090	0,271	0,187	0,163	0,089	0,060	0,003
8/jun/00	25	0,000	0,263	0,446	0,330	0,486	0,108	0,171	0,091
15/jun/00	26	0,090	0,208	0,599	1,175	0,431	0,034	0,083	0,092
22/jun/00	27	0,000	0,114	0,145	0,205	0,000	0,000	0,000	0,000
29/jun/00	28	0,001	0,776	0,191	0,203	1,231	0,364	0,364	0,279
6/jul/00	29	0,270	0,820	1,697	1,294	1,570	1,066	0,950	0,790
13/jul/00	30	0,138	0,845	0,320	0,324	0,778	0,194	0,424	0,445
20/jul/00	31	0,112	0,814	0,475	0,511	0,974	0,399	0,870	0,407
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³)		3,813	8,936	11,907	9,595	10,707	7,007	7,764	5,989
SUMA DESDE PLANTACIÓN (l/m ²)		73,867	173,111	230,666	185,878	207,425	135,743	150,397	116,025
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³ /ha)		738,667	1731,112	2306,664	1858,776	2074,254	1357,425	1503,971	1160,254

Nota: Los datos se refieren al año de ensayos 1999 (campana 1999-2000)

LIXIVIADOS AÑO 1999

TRATAMIENTO	l/m ²
T-1 (2 y 5)	190,268
T-2 (1 y 6)	104,805
T-3 (4 y 7)	168,137
T-4 (3 y 8)	173,345
MEDIA (m ³ /ha)	1591,380

2.- Volumen semanal lixiviado año 2000

m³ lixiviados

FECHA	SEMANAS	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-7	L-8
11-ene-01	4	0,057	0,490	0,126	0,000	0,353	0,215	0,099	0,070
08-feb-01	8	0,083	0,240	0,701	0,002	0,681	0,047	0,076	0,073
15-feb-01	9	0,040	0,122	0,000	0,004	0,029	0,065	0,050	0,033
22-feb-01	10	0,034	0,172	0,052	0,001	0,089	0,195	0,096	0,081
29-feb-01	11	0,032	0,202	0,144	0,057	0,313	0,004	0,122	0,119
07-mar-01	12	0,098	0,277	0,145	0,127	0,268	0,175	0,167	0,166
14-mar-01	13	0,082	0,275	0,233	0,195	0,201	0,150	0,134	0,133
22-mar-01	14	0,138	0,253	0,613	0,493	0,227	0,165	0,137	0,106
28-mar-01	15	0,035	0,158	0,067	0,007	0,115	0,093	0,085	0,052
05-abr-01	16	0,004	0,123	0,102	0,122	0,106	0,048	0,042	0,000
12-abr-01	17	0,000	0,037	0,069	0,070	0,029	0,000	0,000	0,000
18-abr-01	18	0,000	0,024	0,155	0,256	0,035	0,000	0,000	0,000
25-abr-01	19	0,000	0,028	0,099	0,099	0,006	0,000	0,000	0,000
03-may-01	20	0,179	0,278	0,174	0,085	0,386	0,000	0,000	0,000
09-may-01	21	0,034	0,000	0,176	0,130	0,083	0,000	0,000	0,000
17-may-01	22	0,404	0,414	0,268	0,231	0,568	0,000	0,224	0,000
23-may-01	23	0,271	0,345	0,265	0,173	0,311	0,025	0,079	0,019
30-may-01	24	0,228	0,363	0,224	0,281	0,415	0,331	0,303	0,267
06-jun-01	25	0,386	0,346	0,239	0,080	0,287	0,089	0,103	0,322
13-jun-01	26	0,507	0,401	0,304	0,206	0,430	0,223	0,208	0,068
20-jun-01	27	0,455	0,365	1,150	0,455	0,166	0,298	0,156	0,019
27-jun-01	28	0,382	0,425	0,413	0,251	0,213	0,196	0,000	0,000
04-jul-01	29	0,280	0,124	0,076	0,000	0,128	0,000	0,277	0,000
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m³)		3,727	5,461	5,795	3,326	5,440	2,320	2,359	1,528
SUMA DESDE PLANTACIÓN (l/m²)		72,201	105,788	112,257	64,429	105,386	44,938	45,695	29,609
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m³/ha)		722,007	1057,885	1122,569	644,285	1053,855	449,380	456,955	296,087

Nota: Los datos se refieren al año de ensayos 2000 (campaña 2000-2001)

LIXIVIADOS AÑO 2000

TRATAMIENTO	l/m ²
T-1 (2 y 5)	105,587
T-2 (1 y 6)	58,569
T-3 (4 y 7)	55,062
T-4 (3 y 8)	70,933
MEDIA (m³ /ha)	725,370

3.- Volumen semanal lixiviado año 2001

m ³ lixiviados									
FECHA	SEMANAS	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-7	L-8
30-ene-02	8	0,000	0,122	0,530	0,000	0,274	0,000	0,282	0,003
06-feb-02	9	0,010	0,213	0,384	0,000	0,276	0,000	0,170	0,028
13-feb-02	10	0,000	0,190	0,332	0,000	0,207	0,000	0,111	0,000
20-feb-02	11	0,000	0,099	0,198	0,000	0,182	0,000	0,088	0,121
27-feb-02	12	0,083	0,127	0,129	0,000	0,315	0,000	0,117	0,110
06-mar-02	13	0,083	0,081	0,052	0,000	0,357	0,001	0,049	0,021
13-mar-02	14	0,000	0,000	0,023	0,000	0,150	0,000	0,002	0,000
20-mar-02	15	0,000	0,000	0,319	0,000	0,215	0,000	0,000	0,000
27-mar-02	16	0,005	0,000	0,075	0,128	0,197	0,000	0,000	0,000
03-abr-02	17	0,007	0,000	0,060	0,036	0,479	0,080	0,078	0,006
10-abr-02	18	0,047	0,018	0,158	0,111	0,031	0,133	0,057	0,226
17-abr-02	19	0,084	0,061	0,101	0,118	0,176	0,054	0,122	0,122
24-abr-02	20	0,513	0,288	0,278	0,468	0,603	0,395	0,402	0,641
02-may-02	21	0,407	0,298	0,274	0,267	0,431	0,313	0,334	0,484
08-may-02	22	0,055	0,079	0,106	0,202	0,830	0,098	0,149	0,166
15-may-02	23	0,000	0,007	0,002	0,000	0,581	0,000	0,000	0,000
22-may-02	24	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000
29-may-02	25	0,000	0,071	0,034	0,000	0,257	0,000	0,000	0,000
05-jun-02	26	0,344	0,481	0,258	0,259	0,549	0,245	0,163	0,378
12-jun-02	27	0,109	0,262	0,106	0,077	0,132	0,000	0,057	0,061
19-jun-02	28	0,011	0,084	0,177	0,000	0,128	0,000	0,102	0,068
26-jun-02	29	0,490	1,010	0,062	0,312	0,506	0,088	0,356	0,299
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³)		2,247	3,489	3,656	1,977	6,894	1,406	2,636	2,733
SUMA DESDE PLANTACIÓN (l/m ²)		43,534	67,592	70,827	38,302	133,555	27,245	51,058	52,943
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³ /ha)		435,335	675,920	708,272	383,024	1335,548	272,453	510,577	529,427

Nota: Los datos se refieren al año de ensayos 2001 (campaña 2001-2002)

LIXIVIADOS AÑO 2001

TRATAMIENTO	l/m ²
T-1 (2 y 5)	100,573
T-2 (1 y 6)	35,389
T-3 (4 y 7)	44,680
T-4 (3 y 8)	61,885
MEDIA (m ³ /ha)	606,310

4.- Volumen semanal lixiviado año 2002

		m ³ lixiviados							
FECHA	SEMANAS	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-7	L-8
08-ene-03	1	0,182	0,473	0,879	0,115	0,329	0,000	1,167	0,371
28-ene-03	4	0,327	0,330	0,404	0,673	1,131	0,175	0,374	0,921
04-feb-03	5	0,233	0,264	0,369	0,248	0,354	0,356	0,345	0,380
19-feb-03	7	0,331	0,954	0,875	0,915	0,376	0,940	0,918	0,728
05-mar-03	9	0,347	0,325	0,240	0,236	0,391	0,287	0,281	0,524
20-mar-03	11	1,077	0,095	0,286	0,182	1,449	0,304	0,200	0,154
02-abr-03	13	0,068	0,050	0,022	0,096	0,011	0,295	0,051	0,118
08-abr-03	14	1,615	0,000	1,587	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
17-abr-03	15	0,267	0,000	0,200	0,152	0,869	0,198	1,378	0,378
02-may-03	17	0,115	0,000	0,110	0,000	0,001	0,114	0,213	0,134
15-may-03	19	0,089	0,407	0,008	0,028	1,271	0,135	0,254	1,346
28-may-03	21	0,001	0,112	0,000	0,000	0,592	0,221	0,000	0,322
18-jun-03	24	0,000	0,000	0,205	0,000	1,399	0,892	0,010	0,977
08-jul-03	27	0,000	0,000	0,400	0,000	0,552	0,010	0,000	0,000
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³)		4,652	3,010	5,585	2,643	8,724	3,928	5,192	6,354
SUMA DESDE PLANTACIÓN (l/m ²)		90,114	58,311	108,193	51,199	169,002	76,091	100,571	123,086
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³ /ha)		901,143	583,107	1081,926	511,991	1690,023	760,907	1005,715	1230,860

Nota: Los datos se refieren al año de ensayos 2002 (campaña 2002-2003)

LIXIVIADOS AÑO 2002

TRATAMIENTO	l/m ²
T-1 (1, 4 y 5)	103,438
T-2 (2 y 6)	67,201
T-3 (3, 7 y 8)	110,616
MEDIA (m ³ /ha)	937,518

5.- Volumen semanal lixiviado año 2003

m ³ lixiviados									
FECHA	SEMANAS	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-7	L-8
15-ene-04	3	0,000	0,255	0,000	0,166	1,070	1,003	1,592	0,396
22-ene-04	4	0,818	0,949	0,000	0,110	0,782	0,409	0,184	1,208
09-feb-04	5	0,789	0,407	2,014	0,210	0,525	0,522	0,455	1,058
NUEVO CULTIVO									
12-mar-04	4	0,186	1,139	0,133	0,395	1,257	0,854	1,050	0,546
28-mar-04	6	0,668	0,717	0,791	1,105	0,664	0,955	0,704	1,315
11-abr-04	8	1,203	1,881	1,019	1,261	1,507	2,166	2,189	1,891
24-abr-04	10	0,797	0,911	0,780	1,150	0,896	0,957	0,857	0,836
09-may-04	12	0,713	0,204	0,719	0,172	0,284	0,119	0,096	0,159
23-may-04	14	0,729	0,985	0,869	1,061	1,341	1,084	1,349	1,087
06-jun-04	16	1,037	0,997	0,700	0,770	1,079	1,018	0,894	0,000
20-jun-04	18	0,847	0,912	0,817	0,790	0,917	0,826	0,774	0,000
04-jul-04	20	1,460	0,315	1,047	0,342	1,170	0,289	0,293	0,018
19-jul-04	22	0,808	0,608	0,452	0,500	0,631	0,424	0,376	0,280
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³)		10,055	10,280	9,341	8,031	12,123	10,624	10,810	8,795
SUMA DESDE PLANTACIÓN (l/m ²)		194,783	199,148	180,959	155,573	234,847	205,810	209,411	170,384
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³ /ha)		1947,830	1991,476	1809,589	1555,734	2348,470	2058,098	2094,111	1703,836

Nota: Los datos se refieren al año de ensayos 2003 (campana 2003-2004)

LIXIVIADOS AÑO 2003

TRATAMIENTO	l/m ²
T-E (1 y 5)	214,815
T-I (2, 4 y 6)	186,844
T-C (3, 7 y 8)	186,918
MEDIA (m³/ha)	1961,923

Nota: Los datos se refieren al año de ensayos 2003, con plantación en diciembre de 2003 y levantamiento del cultivo en julio de 2004 (campana 2003-2004).

6.- Volumen semanal lixiviado año 2004

m³ lixiviados

FECHA	SEMANAS	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-7	L-8
13-16/ene/05	4	3,133	1,150	3,298	2,228	2,293	1,972	1,223	3,054
18-feb-05	9	1,309	0,978	1,201	1,197	1,358	1,286	1,592	1,079
15-mar-05	13	0,147	0,174	0,120	0,203	0,218	0,207	0,232	0,246
20-mar-05	14	0,000	0,461	0,034	0,000	0,042	0,010	0,846	0,062
07-abr-05	16	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005
16-abr-05	17	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001
20-abr-05	18	0,000	0,000	0,021	0,001	0,000	0,000	0,021	0,062
26-abr-05	19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,030
03-may-05	20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,021
10-may-05	21	0,031	0,011	0,004	0,075	0,266	0,005	0,007	0,055
17-may-05	22	0,044	0,009	0,010	0,069	0,149	0,020	0,050	0,063
25-may-05	23	0,010	0,001	0,001	0,004	0,046	0,002	0,000	0,004
31-may-05	24	0,066	0,008	0,000	0,061	0,212	0,047	0,016	0,037
14-jun-05	26	0,031	0,000	0,002	0,000	0,086	0,000	0,011	0,002
05-jul-05	29	0,371	0,008	0,015	0,079	0,595	0,030	0,091	0,237
19-jul-05	31	0,179	0,020	0,721	0,522	0,466	0,047	0,063	0,008
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³)		5,321	2,821	5,448	4,439	5,729	3,626	4,159	4,966
SUMA DESDE PLANTACIÓN (l/m ²)		103,080	54,649	105,540	85,996	110,982	70,236	80,570	96,199
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³ /ha)		1030,802	546,494	1055,405	859,957	1109,822	702,363	805,695	961,991

Nota: Los datos se refieren al año de ensayos 2004 (campaña 2004-2005)

LIXIVIADOS AÑO 2004

TRATAMIENTO	l/m ²
T-E (1 y 5)	107,031
T-I (2, 4 y 6)	70,293
T-C (3, 7 y 8)	94,103
MEDIA (m ³ /ha)	904,757

Nota: Los datos se refieren al año de ensayos 2004, con plantación en diciembre de 2004 y levantamiento del cultivo en julio de 2005 (campaña 2004-2005).

7.- Volumen semanal lixiviado año 2005

m ³ lixiviados									
FECHA	SEMANAS	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-7	L-8
29/10/2005	1	0,63	0,00	1,51	0,30	1,57	0,20	2,35	4,28
02/02/2006	2	2,05	1,97	2,78	2,25	1,58	1,46	3,34	2,12
16/02/2006	3	0,53	0,35	0,55	0,47	0,56	0,32	0,67	0,60
03/03/2006	4	0,26	0,32	0,10	0,42	0,53	0,40	0,59	0,40
15/03/2006	5	0,09	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09
31/03/2006	6	0,23	0,12	0,23	0,45	0,38	0,40	0,71	0,24
14/04/2006	7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,14
21/04/2006	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28/04/2006	9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,05	0,05
05/05/2006	10	0,62	0,29	0,28	0,76	0,81	0,07	0,50	0,41
09/05/2006	11	0,09	0,17	0,04	0,19	0,07	0,13	0,18	0,09
12/05/2006	12	0,67	0,44	0,47	0,77	0,64	0,48	0,55	0,41
19/05/2006	13	0,05	0,04	0,13	0,19	0,21	0,06	0,16	0,00
25/05/2006	14	0,16	0,00	0,12	0,18	0,19	0,08	0,09	0,09
06/06/2006	15	0,37	0,11	0,29	0,06	0,20	0,24	0,26	0,16
16/06/2006	16	0,15	0,00	0,35	0,24	0,70	0,13	0,15	0,08
29/06/2006	17	0,01	0,00	0,14	0,29	0,42	0,00	0,00	0,19
08/07/2006	18	0,20	0,04	0,00	0,08	0,46	0,00	0,13	0,13
14/07/2006	19	0,06	0,15	0,13	0,97	0,17	0,10	0,14	0,42
20/07/2006	20	0,10	0,11	0,09	0,14	0,12	0,14	0,12	0,13
26/07/2006	21	0,10	0,08	0,07	0,07	0,16	0,13	0,08	0,09
09/08/2006	22	0,00	0,00	1,01	0,86	0,03	0,00	0,00	0,00
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³)		6,37	4,25	8,36	8,77	8,90	4,41	10,24	10,12
SUMA DESDE PLANTACIÓN (l/m ²)		127,46	85,08	167,30	175,49	178,01	88,16	204,78	202,34
SUMA DESDE PLANTACIÓN (m ³ /ha)		1274,56	850,82	1672,96	1754,94	1780,12	881,62	2047,78	2023,38

LIXIVIADOS AÑO 2005

CULTIVO	l/m ²	m ³ /ha
Ecológico T-E (1 y 5)	152,73	1527,34
Integrado T-I (2 ,4 y 6)	116,25	1162,46
Convencional T-C (3, 7 y 8)	191,47	1914,71
MEDIA	153,48	1534,84

TRATAMIENTO	Agua aportada (l/m ²)	Volumen de agua lixiviada (l/m ²)	Consumo de agua (l/m ²)	% de agua lixiviada
T-E (1 y 5)	842,525	152,734	689,791	18,128
T-I (2 ,4 y 6)	812,309	116,246	696,063	14,310
T-C (3, 7 y 8)	824,29	191,470	632,819	23,228
Media (m ³ /ha)	8263,747	1534,835	6728,912	18,573

8.- Volumen total lixiviado año 2006

VOLUMEN LIXIVIADO EN CADA DRENAJE

INICIAL (m ³)	TRAS SOLARIZACIÓN													
	2006	2007												
	24/10	26/01	13/02	28/02	13/03	28/03	11/04	23/04	07/05	23/05	06/06	19/06	04/07	17/07
42,9069	43,1985	43,2742	43,5213	43,6724	43,6835	44,2014	44,9534	45,0504	45,1530	45,1530	45,1530	45,1530	45,1530	45,1530
40,7029	40,8688	41,3024	41,6912	41,7172	41,9121	42,1694	42,3057	42,3073	42,3793	42,3793	42,3793	42,3793	42,3793	42,3793
61,3913	61,4122	61,5152	62,0028	62,0555	62,1389	62,3408	62,4497	62,4507	62,4507	62,4507	62,4507	62,4507	62,4507	62,4507
38,3908	38,3908	38,3908	38,3908	38,3908	38,3908	38,3908	38,3908	38,3908	38,3908	38,3908	38,3908	38,3908	38,3908	38,3908
61,3625	61,3625	61,3760	61,6821	61,6821	61,6821	61,6821	61,6821	61,6821	61,6821	61,6821	61,6821	61,6821	61,6821	61,8465
38,8700	39,6537	39,8341	40,6296	40,7586	40,8967	41,1922	41,2689	41,3276	41,3573	41,3573	41,3573	41,3573	41,3573	41,4257
50,5032	51,2260	51,4861	52,4066	52,5999	52,8255	53,2041	53,6659	53,7809	53,7844	53,7844	53,7844	53,7844	53,7844	53,7878
45,3018	45,3018	45,3033	45,3040	45,3112	45,3825	45,5593	45,7592	45,7592	45,8493	45,8493	45,8493	45,8493	45,8493	45,8588

Litros Parc. en los contadores

LITROS/ PARC.	2006	2007												
	24/10	26/01	13/02	28/02	13/03	28/03	11/04	23/04	07/05	23/05	06/06	19/06	04/07	17/07
	L-1	291,6	75,7	247,1	151,1	11,1	517,9	752,0	97,0	102,6	0,0	0,0	0,0	0,0
L-2	165,9	433,6	388,8	26,0	194,9	257,3	136,3	1,6	72,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L-3	20,9	103,0	487,6	52,7	83,4	201,9	108,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L-5	0,0	13,5	306,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	164,4
L-6	783,7	180,4	795,5	129,0	138,1	295,5	76,7	58,7	29,7	0,0	0,0	0,0	0,0	68,4
L-7	722,8	260,1	920,5	193,3	225,6	378,6	461,8	115,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4
L-8	0,0	1,5	0,7	7,2	71,3	176,8	199,9	0,0	90,1	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5

Litros Parc. no medido en los contadores

LITROS/ PARC.	2006	2007												
	24/10	26/01	13/02	28/02	13/03	28/03	11/04	23/04	07/05	23/05	06/06	19/06	04/07	17/07
	L-1	50,0	0,0	30,0	40,0		20,0		100,0	102,6	0,0	0,0	0,0	0,0
L-2	75,0	0,0	30,0	20,0				20,0	72,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L-3	165,0	0,0		50,0				20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L-4	0,0	0,0			150,0	90,0	170,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L-5	297,0	47,0	335,0	165,0	400,0	375,0	245,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	164,4
L-6	67,0	0,0		40,0		65,0			29,7	0,0	0,0	0,0	0,0	68,4
L-7	103,0	0,0	18,0	15,0		45,0			3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4
L-8	790,0	85,0	250,0	52,0		155,0		30,0	90,1	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5

Litros Parc. Lixiviados en total

LITROS/ PARC.	2006	2007												
	24/10	26/01	13/02	28/02	13/03	28/03	11/04	23/04	07/05	23/05	06/06	19/06	04/07	17/07
	L-1	341,6	75,7	277,1	191,1	11,1	537,9	752,0	197,0	102,6	0,0	0,0	0,0	0,0
L-2	240,9	433,6	418,8	46,0	194,9	257,3	136,3	21,6	72,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L-3	185,9	103,0	487,6	102,7	83,4	201,9	108,9	21,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L-4	0,0	0,0	0,0	0,0	150,0	90,0	170,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L-5	297,0	60,5	641,1	165,0	400,0	375,0	245,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	164,4
L-6	850,7	180,4	795,5	169,0	138,1	360,5	76,7	58,7	29,7	0,0	0,0	0,0	0,0	88,4
L-7	825,8	260,1	938,5	208,3	225,6	423,6	461,8	115,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4
L-8	790,0	86,5	250,7	59,2	71,3	331,8	199,9	30,0	90,1	50,0	0,0	110,0	0,0	24,5

VOLUMEN TOTAL LIXIVIADO

LITROS PARC.	LIXIV. TOTAL SIN CONTAR SOLARIZACIÓN	LITROS/m ²	m ³ /ha
L-1	2144,50	42,89	428,9
L-2	1580,50	31,61	316,1
L-3	1108,50	22,17	221,7
L-4	410,00	8,2	82
L-5	2051,00	41,02	410,2
L-6	1897,00	37,94	379,4
L-7	2639,80	52,796	527,96
L-8	1304,00	26,08	260,8

Litros/m²

PARCELA	SOLARIZACIÓN	AGUA TOTAL
L-1	64,4	486,0
L-2	62,2	490,6
L-3	63,0	487,2
L-4	64,7	504,4
L-5	62,1	498,0
L-6	63,1	490,0
L-7	60,2	484,0
L-8	58,5	484,9
PROMEDIO	62,3	490,6

LITROS PARC.	SOLARIZACIÓN	L/m ²
L-1	6,83	42,89
L-2	4,82	31,61
L-3	3,72	22,17
L-4	0,00	8,2
L-5	5,94	41,02
L-6	17,01	37,94
L-7	16,52	52,796
L-8	15,80	26,08

PARCELA	% LIX SOLARIZACIÓN	%LIX RIEGO
L-1	10,6	8,8
L-2	7,7	6,4
L-3	5,9	4,6
L-4	0,0	1,6
L-5	9,6	8,2
L-6	26,9	7,7
L-7	27,4	10,9
L-8	27,0	5,4

	L/m ² RIEGO	L/m ² LIX.	% LIX
T-E	554,1	47,0	8,5
T-I	546,0	45,7	8,4

anexo VII Información analítica

de los lixiviados en los lixímetros de drenaje: concentración de aniones y cationes

1.- Concentración de NO_3^- , Ca^{+2} , K^+ y Mg^{+2} en los lixiviados. Año 1999

DÍAS	PARCELA 1				PARCELA 2				PARCELA 3				PARCELA 4			
	NO_3^- ppm	Ca^{+2} ppm	K^+ ppm	Mg^{+2} ppm	NO_3^- ppm	Ca^{+2} ppm	K^+ ppm	Mg^{+2} ppm	NO_3^- ppm	Ca^{+2} ppm	K^+ ppm	Mg^{+2} ppm	NO_3^- ppm	Ca^{+2} ppm	K^+ ppm	Mg^{+2} ppm
11/02	325,25	69,00	165,00	365,75	359,25	62,50	193,50	393,75	322,50	42,50	153,00	324,25	304,00	38,00	163,50	359,75
18/02	351,80	69,20	156,80	352,40	385,10	115,60	188,00	471,60	336,70	50,40	147,20	296,80	381,30	50,80	174,80	367,20
25/02	323,10	65,20	164,40	332,00	360,70	64,00	183,20	346,40	299,00	44,00	157,60	273,60	353,60	49,20	165,60	304,00
04/03	338,30	110,80	163,20	351,20	359,10	79,60	179,20	336,00	320,40	64,80	148,40	264,80	358,90	69,20	176,80	316,40
11/03	363,50	46,00	193,60	281,20	421,10	60,40	238,80	335,60	352,40	32,40	187,20	232,80	412,50	36,40	218,40	276,00
18/03	354,10	59,20	182,40	320,80	411,10	70,40	215,20	582,40	341,90	33,20	157,20	342,00	390,50	61,20	196,00	450,40
25/03	348,70	59,20	175,60	400,00	387,50	67,60	205,60	488,00	333,20	32,00	154,40	345,20	367,10	58,00	179,60	421,60
31/03	334,90	67,20	178,80	307,60	385,10	71,60	215,60	359,60	337,30	56,40	167,20	270,80	387,80	52,38	203,60	326,00
07/04									297,60	47,60	166,00	254,00	364,40	54,00	208,00	325,60
14/04					369,60	73,20	189,60	306,00	316,80	46,00	152,00	200,40	397,90	28,80	152,00	206,00
21/04	310,90	55,20	156,80	294,00	345,00	44,40	168,80	284,40	294,10	24,40	140,40	204,00	333,20	17,60	152,40	254,00
28/04	300,40	82,00	156,00	309,60	318,50	82,60	137,60	308,80	301,50	77,40	119,60	281,80	360,10	74,00	148,00	351,00
05/05	299,60	87,80	140,00	319,60	334,80	99,40	153,60	347,70	306,00	157,80	154,00	395,60	355,00	79,80	159,20	356,20
12/05	295,30	77,20	130,40	286,20	337,00	83,00	152,40	315,00	379,70	69,20	130,40	346,80	357,80	67,80	176,80	329,80
19/05	313,60	85,40	135,20	290,40	318,60	80,60	140,80	284,60	292,20	68,80	122,80	243,40	319,10	71,60	144,40	291,80
26/05	309,30	83,00	134,80	318,20	302,30	83,60	147,60	331,80	293,40	74,00	128,00	270,00	313,00	69,00	130,00	318,20
02/06					334,20	74,40	139,60	301,40	280,00	62,80	122,80	228,60	325,60	67,40	163,20	303,60
10/06					308,30	80,80	145,60	255,20	308,30	122,20	126,40	277,00	327,50	72,80	142,40	260,80
16/06	289,80	70,80	115,20	232,00	287,00	118,60	128,00	277,20	288,00	72,80	105,20	204,60	319,60	70,40	124,40	248,00
23/06					302,70	99,60	144,00	355,40	285,50	80,60	126,80	242,60	344,60	77,60	148,80	343,80
01/07	257,75	88,18	134,80	303,50	288,88	91,28	161,50	329,50	236,25	78,53	127,50	224,00	281,13	78,70	146,25	316,50
07/07	300,10	74,80	141,30	307,00	321,90	76,80	137,80	312,80	291,30	65,40	111,50	239,20	302,80	64,40	122,00	285,40
15/07	276,00	84,95	121,50	275,25	287,00	85,45	126,70	277,65	250,20	71,65	102,30	208,60	264,00	67,75	111,70	251,50
22/07	289,30	86,55	131,80	305,20	291,00	84,75	136,00	301,00	253,30	74,78	110,30	265,40	269,50	72,53	120,00	217,50

Concentración de NO_3^- , Ca^{+2} , K^+ y Mg^{+2} en los lixiviados. Año 1999 (Continuación)

DÍAS	PARCELA 1				PARCELA 2				PARCELA 3				PARCELA 4			
	NO_3^- ppm	Ca^{+2} ppm	K^+ ppm	Mg^{+2} ppm	NO_3^- ppm	Ca^{+2} ppm	K^+ ppm	Mg^{+2} ppm	NO_3^- ppm	Ca^{+2} ppm	K^+ ppm	Mg^{+2} ppm	NO_3^- ppm	Ca^{+2} ppm	K^+ ppm	Mg^{+2} ppm
11/02	354,25	51,00	176,00	436,50	337,63	62,00	178,00	411,50	331,13	69,50	166,00	394,00	374,38	112,50	204,00	450,75
18/02	392,90	56,40	171,20	391,20	371,30	69,60	175,60	358,80					387,30	106,80	184,80	368,00
25/02	363,00	54,00	170,80	399,20	340,30	66,40	177,60	344,40					398,80	131,20	206,00	389,20
04/03	330,00	62,80	159,20	342,40	340,20	82,40	167,60	308,40					399,00	124,80	192,80	359,60
11/03	346,90	24,80	200,80	294,40	354,90	34,80	203,20	258,80					420,30	110,80	244,40	349,20
18/03	367,90	32,80	180,80	464,80	361,90	46,40	182,80	388,00	387,20	64,80	187,20	412,00	406,70	99,20	212,00	444,00
25/03	368,50	34,00	185,60	429,60	364,10	133,20	189,60	561,20	396,30	67,60	195,20	436,80	457,60	118,00	231,60	497,60
31/03	392,30	50,40	190,40	399,20	384,00	67,20	199,20	324,40	398,70	92,80	200,40	343,20	431,90	137,20	232,80	411,20
07/04																
14/04	378,80	34,80	232,00	231,20	366,00	69,60	181,20	279,60	397,60	97,60	199,60	323,60	430,90	130,80	220,40	333,60
21/04	318,10	33,20	144,00	312,40	320,00	41,20	147,20	255,60	365,00	64,80	165,20	292,00	461,60	130,80	214,00	394,00
28/04	287,10	70,80	111,60	302,80	312,60	84,60	126,40	317,20	366,90	218,60	156,00	500,20	418,70	152,40	194,40	399,80
05/05	274,20	75,80	130,40	309,40	345,20	103,00	150,80	355,80	364,80	116,40	158,80	359,80	430,50	163,80	196,40	414,20
12/05	306,10	59,20	127,60	289,60	351,40	78,40	144,80	299,20	381,60	121,80	160,00	381,00	434,10	173,80	204,00	468,40
19/05	259,30	62,20	114,80	283,40	317,70	81,00	141,20	279,40	323,90	102,60	156,00	325,60	383,80	147,40	191,20	381,40
26/05	277,10	73,60	121,20	345,00	321,90	82,00	133,20	325,60	362,50	114,40	158,80	382,80	431,80	152,20	196,80	431,20
02/06	258,00	53,20	109,60	275,40	312,60	82,00	124,80	301,20	364,00	117,80	153,20	382,20	382,30	134,40	171,60	381,40
10/06	270,70	77,20	124,80	232,20	318,20	77,40	136,00	244,40	363,90	119,40	161,20	314,20	395,50	157,20	186,00	362,80
16/06	259,70	63,20	97,60	225,20	310,10	88,60	121,60	282,20	377,50	111,20	145,60	311,00	415,10	154,60	182,40	364,00
23/06	311,30	74,20	136,40	334,20												
01/07	242,38	73,63	126,37	264,75	284,63	86,33	148,13	319,75	323,38	109,68	172,38	373,50	369,75	149,68	198,75	435,25
07/07	270,80	61,70	111,17	292,60	327,50	83,30	137,90	330,50	394,60	102,10	157,70	393,80	411,60	143,90	204,10	408,00
15/07	240,60	66,80	102,70	247,45	296,20	87,35	129,60	284,35	345,70	106,05	146,50	321,40	361,70	142,25	168,40	331,50
22/07	248,40	71,65	108,50	304,10	273,00	83,82	121,70	270,40	321,70	114,50	144,20	347,20	342,90	130,70	163,70	355,00

CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN LOS LIXIVIADOS (ppm). AÑO 1999

FECHA	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-7	L-8
25-01-2000	0,000	24,870	59,740	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
09-02-2000	87,520	35,200	215,720	133,380	83,960	61,360	104,630	32,940
16-02-2000	142,900	56,510	260,780	233,330	206,680	159,050	210,720	62,970
23-02-2000	171,970	76,700	240,590	339,900	211,530	165,510	243,010	91,230
02-03-2000	142,370	72,700	212,040	384,710	230,220	236,280	272,630	87,840
09-03-2000	190,840	42,410	139,340	287,770	136,310	151,460	175,690	81,789
16-03-2000	263,640	106,020	263,540	312,010	202,960	209,010	275,660	124,200
23-03-2000	254,450	81,790	190,830	266,570	212,040	218,100	251,420	387,630
30-03-2000	172,660	30,290	145,400	278,690	221,130	196,900	212,040	302,920
06-04-2000	x	x	99,960	209,010	x	x	x	x
13-04-2000	x	18,180	233,240	239,300	130,256	154,480	154,480	69,670
20-04-2000	121,160	60,580	221,130	199,920	160,540	115,110	239,300	160,540
27-04-2000	145,402	57,550	290,800	336,240	133,280	202,950	327,150	257,480
04-05-2000	163,580	33,320	299,890	281,717	90,870	205,980	305,940	293,830
11-05-2000	65,120	14,380	136,310	127,220	25,740	81,780	57,550	66,640
18-05-2000	227,200	8,630	184,780	151,460	17,720	78,760	103,000	127,220
25-05-2000	69,670	84,810	215,070	157,510	136,310	124,190	248,390	260,510
01-06-2000	x	2,270	202,960	190,840	1,360	81,780	221,140	248,400
08-06-2000	x	6,510	205,380	151,150	7,720	62,090	205,380	252,630
15-06-2000	163,580	3,020	151,460	75,740	6,060	15,140	160,540	224,160
22-06-2000	x	4,990	138,430	100,260	2,570	x	x	x
29-06-2000	3,180	4,840	144,490	60,880	1,960	9,840	137,520	263,690
06-07-2000	3,780	2,270	104,204	28,020	0,600	2,570	110,260	214,316
13-07-2000	1,210	1,060	38,160	10,750	0,300	0,600	49,670	143,430
20-07-2000	0,540	0,450	27,260	3,020	0,150	0,600	39,980	129,190

Nota: Los datos se refieren al año de ensayos 1999, con plantación en diciembre de 1999 y levantamiento del cultivo en julio de 2000 (campaña 1999-2000).

2.- Concentración de NO₃⁻, Ca⁺², K⁺, Mg⁺² y Na⁺ en los lixiviados. Año 2000

DÍAS	PARCELA 1					PARCELA 2					PARCELA 3					PARCELA 4				
	NO ₃ ⁻ ppm	Ca ⁺² ppm	K ⁺ ppm	Mg ⁺² ppm	Na ⁺ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	Ca ⁺² ppm	K ⁺ ppm	Mg ⁺² ppm	Na ⁺ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	Ca ⁺² ppm	K ⁺ ppm	Mg ⁺² ppm	Na ⁺ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	Ca ⁺² ppm	K ⁺ ppm	Mg ⁺² ppm	Na ⁺ ppm
08/02	123,504	328,178	75,150	139,847	265,236	56,234	314,945	73,039	135,497	290,168	130,820	291,768	59,940	105,972	203,849	134,106	340,730	58,103	107,722	208,541
15/02	184,140	340,730	76,167	139,701	272,044	127,720	327,376	75,541	136,250	273,263	197,780	292,449	58,415	107,941	215,671	185,380	308,570	57,086	117,248	218,569
22/02	173,724	342,855	58,611	138,486	309,212	138,322	316,269	72,648	135,278	311,535	189,720	291,046	78,005	108,743	202,607	202,120	252,309	58,298	118,487	242,972
29/02	195,300	321,602	76,832	133,553	295,205	144,584	316,790	76,753	109,642	268,985	216,752	281,502	63,694	104,806	204,401	212,164	270,675	60,683	114,599	228,275
07/03	152,334	332,830	77,926	133,286	288,972	93,620	315,988	76,792	115,984	266,892	125,426	245,412	61,192	105,875	208,150	148,986	281,502	61,817	118,803	238,717
14/03	171,988	301,993	91,259	139,142	286,304	133,176	275,527	88,288	152,458	266,363	199,888	269,031	82,462	115,522	204,493	180,854	271,236	106,469	129,373	261,602
22/03	127,348	150,776	103,498	150,927	295,527	112,716	180,209	112,960	146,651	293,273	112,716	153,102	68,503	125,850	214,222	220,844	258,124	71,045	144,950	257,715
28/03	253,828	301,512	88,171	174,693	305,256	173,228	260,409	82,345	167,476	292,123	265,236	200,741	85,512	143,030	213,647	218,922	271,236	86,724	157,270	273,401
04/04	182,218	303,878	126,019	144,050	320,735	88,722	271,557	122,539	137,660	268,019	239,134	250,304	108,815	113,457	241,776	164,362	288,399	109,988	128,887	276,230
12/04						108,686	260,089	71,709	127,721	296,953	240,746	253,592	59,940	100,529	238,878	191,952	294,976	60,214	124,489	286,879
18/04						105,710	243,688	70,341	124,562	280,784	271,870	262,374	62,873	110,201	237,590	178,436	286,194	59,276	126,239	294,285
25/04						58,218	253,312	66,353	117,248	264,684	318,618	266,625	66,548	113,092	235,704	181,350	284,429	56,656	123,250	295,481
03/05	325,500	287,276	76,558	124,805	277,219	60,822	252,269	67,252	126,603	279,496	417,508	299,427	64,945	126,676	221,858	247,628	283,106	62,873	130,418	262,085
09/05	276,830	321,241	153,155	154,281	338,376						461,528	307,326	67,057	143,492	200,583	326,120	293,011	60,996	130,418	270,756
16/05	132,122	442,143	136,459	153,746	359,490	22,258	243,688	130,633	136,153	293,526	548,700	324,449	108,620	140,114	218,385	348,812	314,665	109,832	137,368	288,857
23/05	175,088	462,554	132,354	161,862	321,540	58,590	259,367	123,908	144,123	270,664	513,608	324,048	116,909	138,729	241,385	314,216	290,364	104,827	128,717	292,974
30/05	211,172	451,727	148,072	165,362	366,252	44,268	286,394	58,376	128,134	241,178	557,876	344,780	116,909	142,252	223,376	260,896	283,387	106,000	139,142	249,872
06/06	160,766	405,050	144,435	149,299	325,151	23,808	234,986	131,181	121,257	230,069	531,278	331,868	115,619	137,319	214,705	256,122	282,344	107,330	125,510	253,506
13/06	200,136	398,995	140,486	155,156	326,416	19,468	177,763	130,516	123,857	228,344	599,230	341,091	118,669	141,523	220,409	282,100	300,750	103,850	128,766	231,886
20/06	142,910	376,098	144,318	149,785	295,136	2,914	205,994	143,536	124,197	217,810	547,770	310,334	126,449	136,445	202,929	256,556	343,898	108,854	125,801	234,761
27/06	141,360	345,061	137,867	156,055	311,052	5,208	285,833	130,281	124,683	217,925	515,406	387,647	116,518	135,643	202,216	193,316	328,860	105,492	126,943	223,905
04/07	106,020	344,660	142,871	154,572	335,662						446,958	350,554	130,359	144,974	195,454					

Concentración de NO_3^- , Ca^{+2} , K^+ , Mg^{+2} y Na^+ en los lixiviados. Año 2000 (Continuación)

DÍAS	PARCELA 5					PARCELA 6					PARCELA 7					PARCELA 8				
	NO_3^- ppm	Ca^{+2} ppm	K^+ ppm	Mg^{+2} ppm	Na^+ ppm	NO_3^- ppm	Ca^{+2} ppm	K^+ ppm	Mg^{+2} ppm	Na^+ ppm	NO_3^- ppm	Ca^{+2} ppm	K^+ ppm	Mg^{+2} ppm	Na^+ ppm	NO_3^- ppm	Ca^{+2} ppm	K^+ ppm	Mg^{+2} ppm	Na^+ ppm
08/02	123,504	288,961	56,851	105,098	253,299	127,038	346,103	84,769	142,131	283,912	127,038	346,103	84,769	142,131	283,912	314,650	317,111	115,501	139,190	276,299
15/02	146,940	303,076	59,901	107,090	238,694	218,240	321,281	87,271	147,331	288,719	218,240	321,281	87,271	147,331	288,719	290,780	360,820	114,837	160,647	298,701
22/02	154,256	274,966	58,846	115,109	279,634	225,184	341,331	82,697	145,387	316,917	225,184	341,331	82,697	145,387	316,917	315,146	365,993	144,905	160,186	323,426
29/02	155,992	260,650	61,661	109,253	245,939	222,084	322,003	85,277	162,397	296,378	222,084	322,003	85,277	162,397	296,378	298,654	360,098	117,691	162,397	325,289
07/03	125,426	252,630	60,253	112,946	251,344	317,006	348,870	88,757	144,221	334,834	317,006	348,870	88,757	144,221	334,834	394,258	356,890	119,255	144,221	344,034
14/03	136,586	243,608	72,765	119,969	247,572	236,034	341,532	82,697	160,939	352,038	236,034	341,532	82,697	160,939	352,038	306,218	336,118	128,639	176,224	351,394
22/03	137,950	205,873	79,920	128,110	259,371	160,456	199,578	114,641	170,270	380,650	160,456	199,578	114,641	170,270	380,650	303,056	303,758	116,714	188,033	367,655
28/03	161,138	250,705	76,245	145,484	268,525	278,194	318,755	104,006	195,299	348,565	278,194	318,755	104,006	195,299	348,565	349,184	315,306	133,722	200,645	337,732
04/04	102,548	266,705	99,861	116,251	245,295	240,250	342,414	150,261	204,557	345,598	240,250	342,414	150,261	204,557	345,644	217,992	353,682	198,159	175,713	395,278
12/04	113,894	255,237	59,510	114,089	240,488															
18/04	81,220	257,001	57,086	110,589	248,262															
25/04	49,352	246,936	56,617	107,795	249,481															
03/05	50,654	247,577	54,662	109,204	235,773															
09/05	14,632	251,186	55,639	94,964	244,145															
16/05	31,310	267,267	93,879	95,135	266,225	264,306	514,684	139,313	161,498	342,079	264,306	394,384	139,313	161,498	342,079					
23/05	20,398	254,876	96,616	139,142	239,269	312,666	496,598	152,099	168,326	384,146	312,666	376,298	152,099	168,326	384,146	361,708	420,208	216,184	215,079	377,959
30/05	25,854	248,660	95,482	123,298	297,482	324,942	451,005	157,769	173,065	367,747	324,942	370,805	157,769	173,065	344,747	407,340	475,466	233,935	218,822	458,965
06/06	6,200	272,399	96,421	109,739	224,572	302,436			162,446	321,770	302,436	360,900	162,446	321,770	321,770	444,850	441,822	182,714	195,396	360,249
13/06	12,710	270,635	97,281	110,954	215,809	337,838	430,875	170,085	159,262	329,774	337,838	350,675	170,085	159,262	329,774	504,122	433,842	222,518	189,467	343,643
20/06	11,966	256,961	100,370	107,090	207,759	325,748	424,298	173,917	X	323,104	325,748	360,138	173,917	157,950	323,104	431,892	399,998	226,154	182,250	343,114
27/06	1,240	313,582	70,067	112,363	214,751	311,488	421,732	171,219	153,770	308,292	311,488	381,632	171,219	153,770	308,292	350,610	373,532	226,545	173,429	335,478
04/07																				

3.- Concentración de NO_3^- en los lixiviados Año 2001

FECHA	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8
30/01/2002	60,580	6,050	405,910	184,780	154,480	42,400	169,630	336,240
06/02/2002	102,990	0,000	348,350	190,830	175,690	136,310	360,470	463,460
13/02/2002	175,690	48,460	363,500	236,270	212,040	121,160	312,000	457,400
20/02/2002	139,340	3,020	339,270	248,390	190,830	93,900	357,440	463,460
27/02/2002	157,510	60,580	354,410	254,450	205,980	154,480	266,560	475,580
06/03/2002	178,720	57,550	384,700	263,540	209,010	145,400	345,320	475,580
13/03/2002	0,000	21,200	499,810	254,450	202,950	148,430	366,530	499,810
20/03/2002	0,000	0,000	633,100	248,390	196,890	127,220	321,090	0,000
27/03/2002	154,480	0,000	490,730	181,750	0,000	0,000	90,870	148,430
03/04/2002	0,000	0,000	453,380	154,480	106,020	0,000	0,000	0,000
10/04/2002	230,210	0,000	514,960	196,890	84,810	66,640	312,000	421,050
17/04/2002	172,660	17,260	454,380	181,750	90,870	72,700	245,360	481,640
24/04/2002	248,390	15,140	524,050	308,970	69,670	106,020	354,410	624,010
02/05/2002	224,160	21,200	548,280	393,790	90,870	124,190	478,610	705,800
08/05/2002	175,690	15,140	421,050	348,350	75,730	96,930	351,380	672,480
15/05/2002	0,000	36,350	0,000	0,000	30,290	0,000	0,000	611,890
22/05/2002	0,000	0,000	0,000	0,000	12,110	0,000	0,000	0,000
29/05/2002	0,000	0,000	239,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
05/06/2002	33,320	0,000	212,040	209,010	0,000	0,000	157,510	602,810
12/06/2002	75,730	6,050	242,330	199,920	3,020	0,000	196,890	611,890
19/06/2002	48,460	6,050	196,890	133,280	12,110	0,000	133,280	617,950
25/06/2002	51,490	15,140	127,220	75,730	0,000	511,930	66,640	490,070
03/07/2002	90,870	33,320	127,220	72,700	0,000	60,580	87,840	514,960

Nota: Los datos se refieren al año de ensayos 2001, con plantación en diciembre de 2001 y levantamiento del cultivo en julio de 2002 (campaña 2000-2001).

4.- Conductividad, PH, concentración y absorción de nitratos. Año 2006

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LOS LIXIVIADOS. AÑO 2006

	2005	2006												
	28/11	22/02	16/03	29/03	07/04	19/04	26/04	10/05	24/05	07/06	23/06	12/07	02/08	media
L-1	2,90	3,53	3,26	2,37	3,18	2,95	2,85		2,38	2,65	3,02	3,28	3,34	2,98
L-2	4,00	4,84	4,22	3,26	4,51	4,27	4,2			3,8	2,98		2,65	3,87
L-3	3,43	4	3,86	2,77	3,72	3,66	3,61	3,57	3,47	3,62	3,9		3,56	3,60
L-4	3,13	4,06	4,62	2,76	3,63	3,58	3,5	3,46	3,36	3,3				3,54
L-5	3,01	2,78	3,05	2,71	2,73	2,82	2,88	2,84	2,78	6,52	6,33	6	5,6	3,85
L-6	3,30	3,62	3,5	3,22	3,24	3,11	2,98		2,79	2,95	3,58			3,23
L-7	3,32	3,32	3,77	3,23	3,37	3,2	3,15	3,13	3,02	3,01	3,13			3,24
L-8		3,59	4,84	3,52	3,44	3,42	3,35	3,34	3,15	3,27	3,4			3,53

	2005	2006												
	28/11	22/02	16/03	29/03	07/04	19/04	26/04	10/05	24/05	07/06	23/06	12/07	02/08	media
T-E	2,96	3,16	3,16	2,54	2,96	2,89	2,87	2,84	2,58	2,65	3,02	3,28	3,34	3,41
T-I	3,48	4,17	4,11	3,08	3,79	3,65	3,56	3,46	3,08	3,35	3,28	2,97	2,65	3,55
T-C	3,38	3,64	4,16	3,17	3,51	3,43	3,37	3,35	3,21	3,30	3,48	3,52	3,56	3,46

PH DE LOS LIXIVIADOS

	2005	2006												
	28/11	22/02	16/03	29/03	07/04	19/04	26/04	10/05	24/05	07/06	23/06	12/07	02/08	media
L-1	8,76	8,18	8,43	7,97	8,01	8,5	8,44		8,73	8,18	7,31	8,08	7,49	8,17
L-2	8,44	8,42	8,4	7,91	8,05	8,54	8,5			7,96	8		7,96	8,21
L-3	8,65	8,29	8,33	7,79	7,96	8,41	8,37	8,52	8,61	7,97	8,2		7,87	8,24
L-4	8,92	8,41	8,43	8,19	7,98	8,28	8,07	8	8,53	8,31				8,31
L-5	8,94	8,3	8,46	7,99	7,97	8,51	7,64	8,08	7,9	7,36	7,52	8,23	8,18	8,08
L-6	8,78	8,43	8,44	7,96	7,99	8,63	7,78		8,1	8,61	7,42			8,21
L-7	8,95	8,28	8,47	7,98	7,96	8,61	7,83	8,5	8,5	8,48	7,56			8,28
L-8		8,49	8,2	7,92	7,92	8,4	8,03	8,04	8,54	7,95	7,58			8,10

TRATAMIENTO	MEDIA PH
T-E	8,13
T-I	8,25
T-C	8,21

CONCENTRACIÓN DE NITRATOS kg/ha

	2005					2006									
	28/11	22/02	16/03	29/03	07/04	19/04	26/04	10/05	24/05	07/06	23/06	12/07	02/08		
L-1	-0,00098909	8,16496776	94,7957866	9,2616392	5,31820442	4,95768276	2,1327348	0	0,68861143	3,97014684	1,45854333	0,4212501	0,69778007		
L-2	-0,09604627	8,81778959	66,1176094	15,1082543	6,10618729	7,07907226	1,60036125	0	0	0	0	0	0,00074182		
L-3	0,77791624	3,32186053	83,4140399	21,0535576	15,0785977	19,0062102	15,841876	11,6818426	2,27582813	0,90427956	0	0	0		
L-4	-0,53995444	5,15468824	124,664323	22,2816809	15,1454234	8,59830824	13,7607758	5,4761667	5,75621381	0	0	0	0		
L-5	-0,38692137	9,5934218	54,3207977	0,05008266	0	3,09386125	0,74542579	0,00655275	0,10250141	0,52025064	0	0	0		
L-6	-0,39430704	3,36867658	77,2363547	12,6483017	9,16878796	6,2512458	2,84526019	0	0,48960173	13,9357675	7,54438586	0	0		
L-7	0,622251	10,7484563	161,47378	25,0272118	10,2576735	16,078198	9,43312018	10,5471626	12,3427268	31,2643825	16,0842204	0	0		
L-8	0	12,7545545	158,998864	28,0654235	18,1196368	27,5068129	11,5419801	14,3308619	17,6235864	29,9301755	8,37032524	0	0		

ACUM	0	70	92	105	114	126	133	147	161	175	191	210	231
TE	0,00	8,88	83,44	88,09	93,41	97,44	98,88	98,88	99,28	101,52	102,98	103,40	104,10
TI	0,00	5,78	95,12	111,80	121,94	129,25	135,32	140,79	143,92	157,85	165,40	165,40	165,40
TC	0,47	7,17	108,14	126,68	137,55	153,19	162,40	171,54	179,60	195,12	203,27	203,27	203,27

LIXIOMETRO	0	media ppm [NO ₃]-/ha
L-1	131,866358	DUNCAN
L-2	104,73397	A
L-3	173,356008	AB
L-4	200,297625	T-C
L-5	68,0459726	* _B
L-6	133,094075	
L-7	303,879183	
L-8	327,242221	

ABSORCIÓN DE NITRATOS A 220 Y 275 NM EN EL ESPECTROFOTÓMETRO

	28/11/2005		22/02/2006		16/03/2006		29/03/2006		07/04/2006						
	Abs 220	Abs 275	Abs 220	Abs 275	Abs 220	Abs 275	Abs 220	Abs 275	Abs 220	Abs 275					
L-1	0,125	0,072	-0,00098909	1,703	0,076	8,16496776	1,527	0,072	94,7957866	1,13	0,072	9,2616392	1,297	0,01	5,31820442
L-2	0,165	0,087	-0,09604627	1,509	0,081	8,81778959	1,218	0,078	66,1176094	1,36	0,073	15,1082543	1,312	0,03	6,10618729
L-3	0,201	0,082	0,77791624	1,568	0,074	3,32186053	1,444	0,077	83,4140399	1,562	0,058	21,0535576	1,575	0,029	15,0785977
L-4	0,138	0,076	-0,53995444	2,201	0,081	5,15468824	2,259	0,095	124,664323	1,775	0,073	22,2816809	1,67	0,036	15,1454234
L-5	0,145	0,082	-0,38692137	1,09	0,084	9,5934218	0,997	0,067	54,3207977	0,829	0,048	0,05008266	0,839	0,03	0
L-6	0,143	0,082	-0,39430704	1,385	0,074	3,36867658	1,271	0,08	77,2363547	1,127	0,027	12,6483017	1,226	0,031	9,16878796
L-7	0,236	0,067	0,622251	1,529	0,064	10,7484563	1,885	0,087	161,47378	1,422	0,031	25,0272118	1,581	0,033	10,2576735
L-8	0	0	0	1,605	0,084	12,7545545	2,682	0,123	158,998864	1,868	0,052	28,0654235	1,962	0,039	18,1196368
	19/04/2006		26/04/2006		10/05/2006		24/05/2006		07/06/2006						
	Abs 220	Abs 275	Abs 220	Abs 275	Abs 220	Abs 275	Abs 220	Abs 275	Abs 220	Abs 275					
L-1	0,893	0,023	4,95768276	0,794	0,022	2,1327348	0	0,013	0,68861143	0,368	0,028	3,97014684			
L-2	1,226	0,024	7,07907226	1,173	0,025	1,60036125	0	0,019	0	1,225	0,051	0			
L-3	1,517	0,025	19,0062102	1,537	0,024	15,841876	1,828	0,048	11,6818426	1,343	0,019	2,27582813	1,794	0,023	0,90427956
L-4	1,543	0,03	8,59830824	1,542	0,029	13,7607758	1,735	0,081	5,4761667	1,313	0,026	5,75621381	1,21	0,071	0
L-5	0,895	0,026	3,09386125	0,952	0,025	0,74542579	1,105	0,049	0,00655275	0,764	0,024	0,10250141	3,017	0,176	0,52025064
L-6	1,114	0,023	6,2512458	1,062	0,019	2,84526019	0	0,015	0	0,79	0,015	0,48960173	1,156	0,035	13,9357675
L-7	1,506	0,025	16,078198	1,545	0,021	9,43312018	1,927	0,058	10,5471626	1,585	0,01	12,3427268	1,877	0,033	31,2643825
L-8	2,127	0,036	27,5068129	2,015	0,027	11,5419801	2,423	0,053	14,3308619	2,125	0,028	17,6235864	2,315	0,026	29,9301755
	23/06/2006		12/07/2006		02/08/2006										
	Abs 220	Abs 275	Abs 220	Abs 275	Abs 220	Abs 275									
L-1	0,329	0,039	1,45854333	0,162	0,049	0,4212501	0,162	0,049	0,69778007						
L-2	0,459	0,044	0	0	0,322	0,047	0,00074182								
L-3	1,835	0,052	0	0	1,866	0,04	0								
L-4	0	0	0	0	0	0	0								
L-5	3,787	1,002	0	2,843	0,133	0,133	0								
L-6	1,133	0,028	7,54438586	0	0	0	0								
L-7	1,773	0,079	16,0842204	0	0	0	0								
L-8	2,283	0,056	8,37032524	0	0	0	0								

anexo VIII Información analítica de los lixiviados en los lixímetros de drenaje: cantidad de nitratos

1.- Cantidad de NO_3^- , Ca^{+2} , K^+ , Mg^{+2} y Na^+ en los lixiviados. Año 2000

CANTIDAD DE CATIONES LIXIVIADOS POR M²

LIXIV	AÑO 1999				AÑO 2000			
	Ca ⁺² g/m ²	K ⁺ g/m ²	Mg ⁺² g/m ²	Na ⁺ g/m ²	Ca ⁺² g/m ²	K ⁺ g/m ²	Mg ⁺² g/m ²	Na ⁺ g/m ²
L-1	23,627	5,50644091	11,3921038	23,5965401	26,7371428	9,216	10,7859867	22,714
L-2	56,544	13,8700626	27,4565847	57,8103535	23,8486892	9,66988896	12,1435238	23,921563
L-3	69,8400262	14,0687995	30,7009667	62,2812195	30,4955283	10,0482062	13,3450255	21,8419776
L-4	61,697956	10,7997801	27,9389839	55,4312979	16,6378149	5,30951747	7,41464163	14,2330149
L-5	60,1880701	12,6986716	27,5340715	64,3134938	24,92858	7,42079605	10,675409	23,4793103
L-6	44,8636784	10,3814374	20,818067	44,5299244	14,7844474	5,21504874	5,38278485	13,1709959
L-7	53,8429802	15,867267	24,6381581	55,3541767	13,250338	4,96627544	6,24793218	12,8228787
L-8	46,4723481	15,6960417	22,9436062	46,287994	11,1273969	4,63046246	5,17787755	10,2852449
MEDIA	52,134	12,361	24,178	51,201	20,226	7,059	8,897	17,809

CANTIDAD DE NITRATOS LIXIVIADOS EN GRAMOS POR M²

LIXIV	NO ₃ ⁻	AÑO 1999		AÑO 2000			AÑO 2001		
		vol. medio lixiviado	ppm NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	vol. medio lixiviado	ppm NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	vol. medio lixiviado	ppm NO ₃ ⁻
L-1	9,790	152,520	119,539	11,912	166,909	180,857	5,928	102,182	101,337
L-2	5,243	357,440	34,556	5,679	226,000	78,914	1,020	158,682	14,963
L-3	37,234	476,280	176,860	39,843	257,682	347,662	24,656	166,273	352,439
L-4	25,889	383,800	182,376	13,822	151,136	224,059	7,823	89,909	193,865
L-5	13,680	428,320	92,511	6,544	231,182	79,227	10,848	313,364	96,517
L-6	14,058	280,320	110,154	2,845	95,636	79,227	2,700	63,955	88,532
L-7	24,704	310,560	178,526	10,542	102,682	262,744	12,468	119,955	222,090
L-8	18,971	239,640	168,836	10,683	66,273	352,697	23,793	124,273	416,343
MEDIA	18,696	328,610	132,920	12,734	162,188	200,674	11,155	142,324	185,761

CANTIDAD DE CATIONES LIXIVIADA

LIXIV	AÑO 1999				AÑO 2000			
	Ca ⁺²	NO ₃ ⁻	Mg ⁺²	Na ⁺	Ca ⁺²	NO ₃ ⁻	Mg ⁺²	Na ⁺
L-1 (2 y 5)	58,366	9,461	27,495	61,062	24,389	6,112	11,409	23,700
L-2 (1 y 6)	34,245	11,924	16,105	34,063	20,761	7,378	8,084	17,943
L-3 (4 y 7)	57,770	25,297	26,289	55,393	14,944	12,182	6,831	13,528
L-4 (3 y 8)	58,156	28,103	26,822	54,285	20,811	25,263	9,261	16,064

2.- Cálculo de la cantidad de NO₃- lixiviados en 2001

CÁLCULO PARA CADA LIXÍMETRO DE LA CANTIDAD DE NITRATOS LIXIVIADOS POR M²

FECHA	LIXÍMETRO 1				LIXÍMETRO 2			
	NO ₃ -	M ³	g	g/m ²	g/m ² Ca ⁺²	g/m ² K ⁺	g/m ² Mg ⁺²	g/m ² Na ⁺
30-ene-02	60,58	0	0	0	6,05	0,122	0,7381	0,01429872
06-feb-02	102,99	0,01	1,0299	0,01995157	0	0,213	0	0
13-feb-02	175,69	0	0	0	48,46	0,19	9,2074	0,17836885
20-feb-02	139,34	0	0	0	3,02	0,099	0,29898	0,00579194
27-feb-02	157,51	0,083	13,07333	0,25326095	60,58	0,127	7,69366	0,14904417
06-mar-02	178,72	0,083	14,83376	0,28736459	57,55	0,081	4,66155	0,09030511
13-mar-02	0	0	0	0	21,2	0	0	0
20-mar-02	0	0	0	0	0	0	0	0
27-mar-02	154,48	0,005	0,7724	0,01496319	0	0	0	0
03-abr-02	0	0,007	0	0	0	0	0	0
10-abr-02	230,21	0,047	0	0	0	0,018	0	0
17-abr-02	172,66	0,084	14,50344	0,28096552	17,26	0,061	1,05286	0,02039636
24-abr-02	248,39	0,513	127,42407	2,46850194	15,14	0,288	4,36032	0,08446959
02-may-02	224,16	0,407	91,23312	1,76739868	21,2	0,298	6,3176	0,12238667
08-may-02	175,69	0,055	9,66295	0,18719392	15,14	0,079	1,19606	0,02317048
15-may-02	0	0	0	0	36,35	0,007	0,25445	0,00492929
22-may-02	0	0	0	0	0	0	0	0
29-may-02	0	0	0	0	0	0,071	0	0
05-jun-02	33,32	0,344	0	0	0	0,481	0	0
12-jun-02	75,73	0,109	8,25457	0,15991031	6,05	0,262	1,5851	0,03070709
19-jun-02	48,46	0,011	0	0	6,05	0,084	0	0
26-jun-02	51,49	0,49	25,2301	0,48876598	15,14	1,01	15,2914	0,29623014
TOTAL	101,337273	102,181818	13,9098927	5,92827664	14,9631818	158,681818	2,39352182	1,02009841

FECHA	LIXÍMETRO 3				LIXÍMETRO 4			
	NO ₃ -	M ³	g	g/m ²	g/m ² Ca ⁺²	g/m ² K ⁺	g/m ² Mg ⁺²	g/m ² Na ⁺
30-ene-02	405,91	0,53	215,1323	4,16761527	184,78	0	0	0
06-feb-02	348,35	0,384	133,7664	2,59136769	190,83	0	0	0
13-feb-02	363,5	0,332	120,682	2,33789229	236,27	0	0	0
20-feb-02	339,27	0,198	67,17546	1,3013456	248,39	0	0	0
27-feb-02	354,41	0,129	45,71889	0,88568171	254,45	0	0	0
06-mar-02	384,7	0,052	20,0044	0,38753196	263,54	0	0	0
13-mar-02	499,81	0,023	11,49563	0,22269721	254,45	0	0	0
20-mar-02	633,1	0,319	201,9589	3,91241573	248,39	0	0	0
27-mar-02	490,73	0,075	36,80475	0,71299399	181,75	0,128	23,264	0,45067803
03-abr-02	453,38	0,06	0	0	154,48	0,036	0	0
10-abr-02	514,96	0,158	0	0	196,89	0,111	0	0
17-abr-02	454,38	0,101	45,89238	0,88904262	181,75	0,118	21,4465	0,41546881
24-abr-02	524,05	0,278	145,6859	2,82227625	308,97	0,468	144,59796	2,80120031
02-may-02	548,28	0,274	150,22872	2,91028129	393,79	0,267	105,14193	2,03684483
08-may-02	421,05	0,106	44,6313	0,86461255	348,35	0,202	70,3667	1,36316738
15-may-02	0	0,002	0	0	0	0	0	0
22-may-02	0	0	0	0	0	0	0	0
29-may-02	239,3	0,034	0	0	0	0	0	0
05-jun-02	212,04	0,258	0	0	209,01	0,259	0	0
12-jun-02	242,33	0,106	25,68698	0,49761682	199,92	0,077	15,39384	0,29821465
19-jun-02	196,89	0,177	0	0	133,28	0	0	0
26-jun-02	127,22	0,062	7,88764	0,15280201	75,73	0,312	23,62776	0,45772491
TOTAL	352,439091	166,272727	57,8523477	24,656173	193,864545	89,9090909	18,3563041	7,82329892

FECHA	LIXÍMETRO 5				LIXÍMETRO 6			
	NO ₃ -	M ³	g	g/m ²	g/m ² Ca ⁺²	g/m ² K ⁺	g/m ² Mg ⁺²	g/m ² Na ⁺
30-ene-02	154,48	0,274	42,32752	0,81998295	42,4	0	0	0
06-feb-02	175,69	0,276	48,49044	0,93937311	136,31	0	0	0
13-feb-02	212,04	0,207	43,89228	0,85029601	121,16	0	0	0
20-feb-02	190,83	0,182	34,73106	0,67282177	93,9	0	0	0
27-feb-02	205,98	0,315	64,8837	1,25694886	154,48	0	0	0
06-mar-02	209,01	0,357	74,61657	1,44549729	145,4	0,001	0,1454	0,00281674
13-mar-02	202,95	0,15	30,4425	0,58974235	148,43	0	0	0
20-mar-02	196,89	0,215	42,33135	0,82005715	127,22	0	0	0
27-mar-02	0	0,197	0	0	0	0	0	0
03-abr-02	106,02	0,479	0	0	0	0,08	0	0
10-abr-02	84,81	0,031	0	0	66,64	0,133	0	0
17-abr-02	90,87	0,176	15,99312	0,3098241	72,7	0,054	3,9258	0,07605192
24-abr-02	69,67	0,603	42,01101	0,81385141	106,02	0,395	41,8779	0,81127276
02-may-02	90,87	0,431	39,16497	0,75871697	124,19	0,313	38,87147	0,75303119
08-may-02	75,73	0,83	62,8559	1,21766563	96,93	0,098	9,49914	0,18402053
15-may-02	30,29	0,581	17,59849	0,34092387	0	0	0	0
22-may-02	12,11	0,018	0,21798	0,00422278	0	0	0	0
29-may-02	0	0,257	0	0	0	0	0	0
05-jun-02	0	0,549	0	0	0	0,245	0	0
12-jun-02	3,02	0,132	0,39864	0,00772259	0	0	0	0
19-jun-02	12,11	0,128	0	0	0	0	0	0
26-jun-02	0	0,506	0	0	511,93	0,088	45,04984	0,87272065
TOTAL	96,5168182	313,363636	25,4525241	10,8476468	88,5322727	63,9545455	6,33497955	2,69991379

FECHA	LIXÍMETRO 7				LIXÍMETRO 8			
	NO ₃ -	M ³	g	g/m ²	g/m ² Ca ⁺²	g/m ² K ⁺	g/m ² Mg ⁺²	g/m ² Na ⁺
30-ene-02	169,63	0,282	47,83566	0,92668849	336,24	0,003	1,00872	0,01954126
06-feb-02	360,47	0,17	61,2799	1,18713483	463,46	0,028	12,97688	0,25139248
13-feb-02	312	0,111	34,632	0,67090275	457,4	0	0	0
20-feb-02	357,44	0,088	31,45472	0,60935141	463,46	0,121	56,07866	1,08637466
27-feb-02	266,56	0,117	31,18752	0,60417513	475,58	0,11	52,3138	1,01344053
06-mar-02	345,32	0,049	16,92068	0,3277931	475,58	0,021	9,98718	0,19347501
13-mar-02	366,53	0,002	0,73306	0,01420108	499,81	0	0	0
20-mar-02	321,09	0	0	0	0	0	0	0
27-mar-02	90,87	0	0	0	148,43	0	0	0
03-abr-02	0	0,078	0	0	0	0,006	0	0
10-abr-02	312	0,057	0	0	421,05	0,226	0	0
17-abr-02	245,36	0,122	29,93392	0,57988997	481,64	0,122	58,76008	1,13832003
24-abr-02	354,41	0,402	142,47282	2,76003138	624,01	0,641	399,99041	7,74874874
02-may-02	478,61	0,334	159,85574	3,09677916	705,8	0,484	341,6072	6,61772956
08-may-02	351,38	0,149	52,35562	1,01425068	672,48	0,166	111,63168	2,16256645
15-may-02	0	0	0	0	611,89	0	0	0
22-may-02	0	0	0	0	0	0	0	0
29-may-02	0	0	0	0	0	0	0	0
05-jun-02	157,51	0,163	0	0	602,81	0,378	0	0
12-jun-02	196,89	0,057	11,22273	0,2174105	611,89	0,061	37,32529	0,72307807
19-jun-02	133,28	0,102	0	0	617,95	0,068	0	0
26-jun-02	66,64	0,356	23,72384	0,45958621	490,07	0,299	146,53093	2,83864645
TOTAL	222,090455	119,954545	29,2549186	12,4681947	416,343182	124,272727	55,827765	23,7933133

3.- Cantidad de NO₃- lixiviados en el año 2003

Fecha plantación: 21 diciembre

DÍAS DESDE LA PLANTACIÓN	FECHA	[NO ₃ -]			VOLUMEN LIXIVIADO m ³ /ha		
		Ecológico	Integrado	Convencional	Ecológico	Integrado	Convencional
44	03/02/2004	234,34	268,91	224,77	362,9	378,1	550
58	17/02/2004	250,12	294,56	286,59	109,2	76	122
72	03/03/2004	264,03	300,31	299,17	78,6	75,6	72,6
100	31/03/2004	243,77	254,05	178,05	64	64	78,4
128	28/04/2004	102,81	165,61	225,474	10	8	6,6
135	05/05/2004	116,89	199,93	259,26	143,2	74,4	79,4
140	10/05/2004	105,66	200,26	276,773	16,4	32,8	21,2
144	14/05/2004	60,94	164,58	250,47	131,6	113	94,8
149	19/05/2004	47,26	130,96	227,97	26,7	19	19
155	25/05/2004	24,97	132,26	197,22	35,2	18	19,6
167	06/06/2004	9,27	71,36	222,27	57	27,4	141,6
177	16/06/2004	3,82	49,45	148,47	84	24,8	38,8
199	08/07/2004	5,69	13,39	217,42	66	80	17,4
205	14/07/2004	8,05	4,77	122,49	23,2	81,2	46,6

DÍAS DESDE LA PLANTACIÓN	FECHA	g/ha NO ₃ -			Acumulada g/ha NO ₃ -		
		Ecológico	Integrado	Convencional	Ecológico	Integrado	Convencional
44	03/02/2004	85041,99	101674,87	123623,50	85041,99	101674,87	123623,50
58	17/02/2004	27313,10	22386,56	34963,98	112355,09	124061,43	158587,48
72	03/03/2004	20752,76	22703,44	21719,74	133107,85	146764,87	180307,22
100	31/03/2004	15601,28	16259,20	13959,12	148709,13	163024,07	194266,34
128	28/04/2004	1028,10	1324,88	1488,13	149737,23	164348,95	195754,47
135	05/05/2004	16738,65	14874,79	20585,24	166475,88	179223,74	216339,71
140	10/05/2004	1732,82	6568,53	5867,59	168208,70	185792,27	222207,30
144	14/05/2004	8019,70	18597,54	23744,56	176228,40	204389,81	245951,86
149	19/05/2004	1261,84	2488,24	4331,43	177490,25	206878,05	250283,29
155	25/05/2004	878,94	2380,68	3865,51	178369,19	209258,73	254148,80
167	06/06/2004	528,39	1955,26	31473,43	178897,58	211213,99	285622,23
177	16/06/2004	320,88	1226,36	5760,64	179218,46	212440,35	291382,87
199	08/07/2004	375,54	1071,20	3783,11	179594,00	213511,55	295165,98
205	14/07/2004	186,76	387,32	5708,03	179780,76	213898,88	300874,01

DÍAS DESDE LA PLANTACIÓN	FECHA	Volumen lixiviado m ³ /ha			g/ha NO ₃ -		
		Ecológico	Integrado	Convencional	Ecológico	Integrado	Convencional
44	03/02/2004	362,90	378,10	550,00	85041,99	101674,87	123623,50
58	17/02/2004	109,20	76,00	122,00	27313,10	22386,56	34963,98
72	03/03/2004	78,60	75,60	72,60	20752,76	22703,44	21719,74
100	31/03/2004	64,00	64,00	78,40	15601,28	16259,20	13959,12
128	28/04/2004	10,00	8,00	6,60	1028,10	1324,88	1488,13
135	05/05/2004	143,20	74,40	79,40	16738,65	14874,79	20585,24
140	10/05/2004	16,40	32,80	21,20	1732,82	6568,53	5867,59
144	14/05/2004	131,60	113,00	94,80	8019,70	18597,54	23744,56
149	19/05/2004	26,70	19,00	19,00	1261,84	2488,24	4331,43
155	25/05/2004	35,20	18,00	19,60	878,94	2380,68	3865,51
167	06/06/2004	57,00	27,40	141,60	528,39	1955,26	31473,43
177	16/06/2004	84,00	24,80	38,80	320,88	1226,36	5760,64
199	08/07/2004	66,00	80,00	17,40	375,54	1071,20	3783,11
205	14/07/2004	23,20	81,20	46,60	186,76	387,32	5708,03

DÍAS DESDE LA PLANTACIÓN	FECHA	[NO ₃ -]			[NO ₃ -] ACUMULADA		
		Ecológico	Integrado	Convencional	Ecológico	Integrado	Convencional
44	03/02/2004	234,34	268,91	224,77	234,34	268,91	224,77
58	17/02/2004	250,12	294,56	286,59	484,46	563,47	511,36
72	03/03/2004	264,03	300,31	299,17	748,49	863,78	810,53
100	31/03/2004	243,77	254,05	178,05	992,26	1117,83	988,58
128	28/04/2004	102,81	165,61	225,47	1095,07	1283,44	1214,05
135	05/05/2004	116,89	199,93	259,26	1211,96	1483,37	1473,31
140	10/05/2004	105,66	200,26	276,77	1317,62	1683,63	1750,09
144	14/05/2004	60,94	164,58	250,47	1378,56	1848,21	2000,56
149	19/05/2004	47,26	130,96	227,97	1425,82	1979,17	2228,53
155	25/05/2004	24,97	132,26	197,22	1450,79	2111,43	2425,75
167	06/06/2004	9,27	71,36	222,27	1460,06	2182,79	2648,02
177	16/06/2004	3,82	49,45	148,47	1463,88	2232,24	2796,49
199	08/07/2004	5,69	13,39	217,42	1469,57	2245,63	3013,91
205	14/07/2004	8,05	4,77	122,49	1477,62	2250,40	3136,40

DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS DE LOS LIXIVIADOS AÑO 2003

FECHA	Conductividad eléctrica (dS/m)			PH			NO ₃ - (mg/l)		
	T-E	T-I	T-C	T-E	T-I	T-C	T-E	T-I	T-C
03/02/2004	2,95	3,61	3,95	8,00b	8,04 b	7,80 a	234,34	268,91	224,77
17/02/2004	3,21 a	3,82 b	3,85 b	8,07	7,92	8,04	250,12	294,56	286,59
03/03/2004	3,06 a	3,78 b	3,76 b	8,23	8,31	8,28	264,03	300,31	299,17
31/03/2004	3,15 a	3,73 b	3,53 ab	7,98	8,04	7,86	243,77	254,05	178,05
28/04/2004	3,00	3,32	3,15	8,36	8,47	8,28	102,81	165,61	225,47
05/05/2004	2,64	3,27	3,04	7,79	7,87	7,81	116,89 a	199,93 ab	259,26 b
10/05/2004	2,63	3,21	3,12	7,70	7,78	7,70	105,66 a	200,26 b	276,77 b
14/05/2004	2,53	3,18	3,05	7,74	7,80	7,75	60,94 a	164,58 b	250,47 b
19/05/2004	2,45	3,11	3,00	7,76	7,93	7,79	47,26 a	130,96 ab	227,97 b
25/05/2004	2,27	2,75	2,75	8,30	8,47	8,22	24,97	132,26	160,47
06/06/2004	2,30	2,94	2,76	7,85	7,90	7,88	9,27 a	38,07 a	147,79 b
16/06/2004	2,25	2,72	2,87	7,89	7,98	8,00	3,82	49,45	148,47
08/07/2004	5,11 b	2,91 a	4,42 ab	8,14	8,49	8,60	5,69	13,39	217,42
14/07/2004	2,94	2,71	3,23	8,04	8,14	8,03	5,36 a	4,77 a	64,26 b

Nota: Los datos se refieren al año de ensayos 2003, con plantación en diciembre de 2003 y levantamiento del cultivo en julio de 2004 (campaña 2003-2004).

4.- Cantidad de NO₃ - lixiviados. Año 2004 y 2005

CANTIDAD DE NITRATOS LIXIVIADOS 2004

DÍAS DESDE LA PLANTACIÓN	FECHA	Volumen lixiviado m ³ /ha			g/ha NO ₃ -		
		Ecológico	Integrado	Convencional	Ecológico	Integrado	Convencional
44	03/02/2005	362,90	378,10	550,00	85041,99	101674,87	123623,50
58	17/02/2005	109,20	76,00	122,00	27313,10	22386,56	34963,98
72	03/03/2005	78,60	75,60	72,60	20752,76	22703,44	21719,74
100	31/03/2005	64,00	64,00	78,40	15601,28	16259,20	13959,12
128	28/04/2005	10,00	8,00	6,60	1028,10	1324,88	1488,13
135	05/05/2005	143,20	74,40	79,40	16738,65	14874,79	20585,24
140	10/05/2005	16,40	32,80	21,20	1732,82	6568,53	5867,59
144	14/05/2005	131,60	113,00	94,80	8019,70	18597,54	23744,56
149	19/05/2005	26,70	19,00	19,00	1261,84	2488,24	4331,43
155	25/05/2005	35,20	18,00	19,60	878,94	2380,68	3865,51
167	06/06/2005	57,00	27,40	141,60	528,39	1955,26	31473,43
177	16/06/2005	84,00	24,80	38,80	320,88	1226,36	5760,64
199	08/07/2005	66,00	80,00	17,40	375,54	1071,20	3783,11
205	14/07/2005	23,20	81,20	46,60	186,76	387,32	5708,03

CANTIDAD DE NITRATOS LIXIVIADOS 2005

DÍAS DESDE LA PLANTACIÓN	kg/ha		
	TE	TI	TC
0	0,0000	0,0000	0,4667
70	8,8792	5,7804	7,1729
92	83,4375	95,1198	108,1446
105	88,0933	111,7992	126,6812
114	93,4115523	121,939359	137,545136
126	97,4373243	129,248901	153,192942
133	98,8764046	135,3177	162,397186
147	98,8829573	140,793867	171,537152
161	99,3	143,916775	179,597688
175	101,5	157,852542	195,122397
191	103,0	165,396928	203,273912
210	103,4	165,396928	203,273912
231	104,1	165,396928	203,273912

5.- Cantidad de NO₃ - lixiviados en el año 2006. PH y conductividad eléctrica

NITRATOS LIXIVIADOS

kg_NO₃ - /ha

LIX	2006	2007												TOTAL	
	24/10	26/01	13/02	28/02	13/03	28/03	11/04	23/04	07/05	23/05	06/06	19/06	04/07		17/07
L-1	3,95	2,24	8,71	6,76	0,40	23,40	43,75	10,74	4,50						104,43
L-2	0,80	7,36	10,61	1,35	6,55	9,10	4,64	0,63	1,49						42,54
L-3	3,33	4,38	23,51	5,55	4,37	11,13	6,37	1,24							59,90
L-6	9,91	4,31	24,41	6,02	5,19	14,58	3,17	2,42	0,90						70,90
L-7	25,04	12,94	56,61	13,08	14,69	30,17	34,92	8,94	0,26						196,65
L-8	48,55	6,48	19,29	4,52	5,11	26,11	15,94	2,51	7,34	3,89		8,27		1,62	149,65

Fecha de plantación: 19/12/2006

ACUMULADA. DDT. kg_NO₃ - /ha

TRAT.	-56	38	56	71	84	99	113	125	139	155	169	182	197	210	TOTAL
T-E	4,88	9,52	24,10	28,81	32,85	48,55	65,73	70,33	72,63	72,63	72,63	72,63	72,63	72,63	72,63
T-I	25,64	30,70	53,10	58,47	63,36	80,63	89,13	91,19	95,30	99,20	99,20	107,47	107,47	109,09	135,40

CONDUCTIVIDAD DE LOS LIXIVIADOS

LIX	2007												MEDIA	
	26/01	13/02	28/02	13/03	28/03	11/04	23/04	07/05	23/05	06/06	19/06	04/07		17/07
L-1	3,4	3,44	3,53	3,5	3,43	3,57	3,57	3,3						3,47
L-2	4,52	4,62	4,72	4,72	4,65	4,34	4,3	3,9						4,47
L-3	4,34	4,42	4,54	4,55	4,5	4,45	3,79							4,37
L-5	4,37	4,02											2,99	4,20
L-6	3,89	3,75	3,9	3,88	3,82	3,79	3,79	3,65					3,84	3,81
L-7	3,75	3,83	3,91	3,9	3,92	3,88	3,98	4						3,90
L-8	3,8	3,83	3,91	3,76	3,9	3,84	3,85	3,82	3,64		3,66		3,49	3,77

TRAT	2007												MEDIA	
	26/01	13/02	28/02	13/03	28/03	11/04	23/04	07/05	23/05	06/06	19/06	04/07		17/07
T-E	4,05	3,96	4,05	4,03	3,97	3,90	3,89	3,62	3,62	3,57	3,52	3,47	3,42	3,99
T-I	3,96	4,03	4,12	4,07	4,11	4,06	3,87	3,91	3,64	3,65	3,66	3,58	3,49	4,01

PH DE LOS LIXIVIADOS

LIX	2007												
	26/01	13/02	28/02	13/03	28/03	11/04	23/04	07/05	23/05	06/06	19/06	04/07	17/07
L-1	8,62	7,75	7,93	7,76	8,18	8,1	7,75	7,76					
L-2	8,55	7,71	7,86	7,64	7,82	7,87	7,93	7,69					
L-3	8,67	7,77	8,27	7,75	7,89	7,96	8						
L-5	8,65	7,63											8,09
L-6	8,59	7,62	8,04	8,34	7,84	8,04	7,75	8,17					8,33
L-7	8,55	7,63	7,87	8,07	8,01	7,69	7,9	8,1					
L-8	8,57	7,69	7,86	7,78	7,8	8,09	8,05	7,94	8,24		7,67		8,37

TRAT	2007												
	26/01	13/02	28/02	13/03	28/03	11/04	23/04	07/05	23/05	06/06	19/06	04/07	17/07
T-E	8,60	7,68	7,94	7,91	7,95	8,00	7,81	7,87	7,94	8,01	8,08	8,15	8,21
T-I	8,59	7,65	7,87	7,93	7,91	7,89	7,98	8,02	8,24	7,96	7,67	7,95	8,23

anexo IX Información analítica de los lixiviados en sondas de succión

1.- Concentración de NO_3^- , Ca^{+2} , K^+ , Mg^{+2} y Na^+ en sondas. Año 1999

SONDAS DE SUCCIÓN PARCELA 1

FECHA	MUESTRA	NO_3^-	Ca^{+2}	K^+	Mg^{+2}	Na^+
8/2/00	L	1.120	8.3230	2.3590	7.7540	11.4170
8/2/00	C	0.740	8.9110	3.5590	9.2187	12.7840
15/2/00	L	6.230	8.6035	2.3030	5.9830	10.3060
15/2/00	C	0.170	7.6270	3.5170	9.0080	11.0040
22/2/00	L	-	-	-	-	-
22/2/00	C	-	-	-	-	-
29/2/00	L	7.557	-	2.4679	5.8951	11.3452
29/2/00	C	0.189	-	3.3825	7.7252	10.4450
7/3/00	L	9.990	-	2.5336	6.1507	11.2091
7/3/00	C	2.457	-	3.2330	7.7197	11.2863
14/3/00	L	-	-	-	-	-
14/2/00	C	10.155				
22/3/00	L	8.663	8.1091	3.0333	7.9767	13.4218
22/3/00	C	1.444	9.2922	2.3537	6.1518	14.0157
28/3/00	L	-	-	-	-	-
28/3/00	C	5.368	10.0863	3.6592	11.4294	13.7295
4/4/00	L	8.993	9.3100	4.5209	8.4379	14.1681
4/4/00	C	0.472	12.4411	6.3906	11.8882	17.4787
12/4/00	L	6.071	7.2516	2.3182	7.7771	19.1802
12/4/00	C	-	-	-	-	-
18/4/00	L	-	-	-	-	-
18/4/00	C	-	-	-	-	-
26/4/00	L	52.173	40.1608	15.9984	7.2284	65.8615
26/4/00	C	-	-	-	-	-
3/5/00	L	6.256	7.5112	2.6019	6.9150	2.5982
3/5/00	C	3.528	12.5281	3.4899	11.5829	18.189
9/5/00	L	4.567	8.4324	2.2780	7.2460	5.4217
9/5/00	C	0.110	14.9718	3.2440	11.9188	17.6453
23/5/00	L					
23/5/00	C					
30/5/00	L					
30/5/00	C					
6/6/00	L					
6/6/00	C					
13/6/00	L					
13/6/00	C					
20/6/00	L					
20/6/00	C					
27/6/00	L					
27/6/00	C					
4/7/00	L					
4/7/00	C					

Nota: L se refiere a sondas a 25 cm y C a 50 cm.

SONDAS DE SUCCIÓN PARCELA 2

FECHA	MUESTRA	NO ₃ ⁻	Ca ⁺²	K ⁺	Mg ⁺²	Na ⁺
08/02/2000	L	4,75	5,454	1,993	5,668	18,1004
08/02/2000	C	4,73	6,922	2,713	6,0225	13,337
15/02/2000	L	1,22	5,809	2,097	7,185	16,321
15/02/2000	C	5,56	7,499	2,744	6,221	11,479
22/02/2000	L	X	X	X	X	X
22/02/2000	C	X	X	X	X	X
29/02/2000	L	0,642	X	2,0737	5,8615	15,5205
29/02/2000	C	4,806	X	2,5149	6,4812	11,633
07/03/2000	L	3,812	X	2,2309	5,0876	13,6364
07/03/2000	C	X	X	X	X	X
14/03/2000	L	0,302	1,9288	3,4969	7,6822	15,6634
14/03/2000	C	X	X	X	X	X
22/03/2000	L	1,337	4,1662	3,1049	7,6066	16,7961
22/03/2000	C	1,658	3,9281	2,3537	5,4752	11,519
28/03/2000	L	4,436	3,7386	2,0948	7,9311	14,5631
28/03/2000	C	3,461	3,9979	2,7315	5,9703	10,5898
04/04/2000	L	0,013	3,5837	3,4969	7,0184	15,2388
04/04/2000	C	0	19,3355	4,1238	5,5052	11,3324
12/04/2000	L	0,01	1,766	1,8363	6,0334	2,4094
12/04/2000	C	0,996	2,8391	2,3256	5,407	14,6347
18/04/2000	L	X	X	X	X	X
18/04/2000	C	X	X	X	X	X
26/04/2000	L	X	X	X	X	X
26/04/2000	C	X	X	X	X	X
03/05/2000	L	0	1,9112	1,8959	6,3181	14,4232
03/05/2000	C	0	4,7885	2,4963	5,3989	12,5775
09/05/2000	L	0	3,426	1,8046	6,6701	13,823
09/05/2000	C	0	4,5305	2,3562	5,4213	7,6291
19/05/2000	L	2,585	5,9483	5,8082	4,8555	6,1026
19/05/2000	C	1,757	8,41	6,6022	11,0952	24,5383
24/05/2000	L	1,603	3,4563	3,4054	8,5834	16,0558
24/05/2000	C	1,834	6,4402	4,609	6,038	8,1671
31/05/2000	L	0,281	5,1919	3,5009	8,2168	14,6477
31/05/2000	C	0,15	7,3683	4,7399	5,8592	7,6576
07/06/2000	L	0,259	4,804	3,5701	8,4302	14,851
07/06/2000	C	0,738	8,3058	6,7212	7,4558	8,8103
14/06/2000	L	1,838	4,657	4,3249	8,3541	14,4601
14/06/2000	C	0,367	8,8401	6,3944	7,0562	8,3629
20/06/2000	L	1,587	10,2775	3,6339	4,9563	6,7323
20/06/2000	C	1,653	9,7988	6,5664	7,5566	8,7723
27/06/2000	L	0,358	10,0984	3,7148	9,2472	13,8538
27/06/2000	C	0,1039	9,7762	6,4874	6,5673	7,614
04/07/2000	L	0,507	6,5162	3,5978	8,0327	15,632
04/07/2000	C	1,292	X	X	X	X

SONDAS DE SUCCIÓN PARCELA 3

FECHA	MUESTRA	NO ₃ ⁻	Ca ⁺²	K ⁺	Mg ⁺²	Na ⁺
08/02/2000	L	4,95	5,975	1,574	5,345	12,579
08/02/2000	C	5,9	X	X	X	X
15/02/2000	L	5,56	8,539	2,348	5,407	11,196
15/02/2000	C	7,55	X	3,026	9,667	6,414
22/02/2000	L	X	X	X	X	X
22/02/2000	C	X	X	X	X	X
29/02/2000	L	5,627	-	1,5929	5,1975	11,4654
29/02/2000	C	24,705	X	2,5324	5,1088	8,0727
07/03/2000	L	7,66	X	1,6701	4,9372	10,3049
07/03/2000	C	X	X	X	X	X
14/03/2000	L	8,655	2,3091	1,4531	6,6052	11,7935
14/03/2000	C	10,155	5,4174	4,6916	7,082	9,5715
22/03/2000	L	7,487	4,5197	1,8791	6,6439	12,5627
22/03/2000	C	6,685	7,5847	2,7747	6,2334	10,7929
28/03/2000	L	10,124	4,1996	1,7395	7,1428	12,8887
28/03/2000	C	3,407	8,1885	3,3288	8,8485	13,8713
04/04/2000	L	7,026	4,2034	2,923	6,6409	13,4061
04/04/2000	C	X	X	X	X	X
12/04/2000	L	6,256	2,8218	1,5	6,5888	16,6521
12/04/2000	C	7,432	9,4941	2,6225	8,2797	18,3376
18/04/2000	L	X	X	X	X	X
18/04/2000	C	X	X	X	X	X
26/04/2000	L	22,841	10,607	4,8259	19,8118	36,7681
26/04/2000	C	X	X	X	X	X
03/05/2000	L	7,2047	4,5619	1,7189	6,9528	12,7654
03/05/2000	C	11,652	5,0284	1,3761	7,8579	12,5775
09/05/2000	L	11,034	5,0104	1,5737	7,5179	13,2544
09/05/2000	C	2,215	11,7393	2,6056	7,682	12,123
19/05/2000	L	7,98	12,9759	3,723	7,1123	14,2758
19/05/2000	C	X	X	X	X	X
24/05/2000	L	11,428	8,0114	2,8791	9,1161	13,1611
24/05/2000	C	5,89	12,6952	4,2345	7,3072	10,8367
31/05/2000	L	X	X	X	X	X
31/05/2000	C	3,897	14,5809	4,791	15,5162	12,2879
07/06/2000	L	10,541	7,1966	2,9793	8,8713	12,42
07/06/2000	C	0,346	8,2928	4,413	8,8194	12,2347
14/06/2000	L	11,023	7,6236	3,0844	8,6677	11,9699
14/06/2000	C	1,003	16,0553	4,5426	9,5964	11,891
20/06/2000	L	14,525	9,2399	2,8575	9,4025	8,1992
20/06/2000	C	1,907	14,3546	4,6031	X	X
27/06/2000	L	8,384	12,1715	2,9829	1,8731	12,6887
27/06/2000	C	0,804	20,5549	4,8159	9,3917	12,6985
04/07/2000	L	9,034	6,7174	2,5557	8,7917	12,9872
04/07/2000	C	1,271	21,0472	6,2999	11,9719	17,1248

SONDAS DE SUCCIÓN PARCELA 4

FECHA	MUESTRA	NO ₃ ⁻	Ca ⁺²	K ⁺	Mg ⁺²	Na ⁺
08/02/2000	L	1,85	4,792	1,653	5,691	13,41
08/02/2000	C	7,43	X	3,2174	5,112	9,6855
15/02/2000	L	1,79	4,841	1,699	5,756	11,648
15/02/2000	C	7,98	8,303	3,228	5,667	9,747
22/02/2000	L	X	X	X	X	X
22/02/2000	C	X	X	X	X	X
29/02/2000	L	0,813	X	1,6822	3,8809	11,0626
29/02/2000	C	4,434	X	2,8099	3,2353	5,8092
07/03/2000	L	2,891	X	1,6399	5,3902	11,3049
07/03/2000	C	8,419	X	2,8981	4,0466	6,6709
14/03/2000	L	1,95	3,4792	1,4193	6,7023	11,6202
14/03/2000	C	7,877	2,5142	2,5573	4,9354	6,7973
22/03/2000	L	3,529	3,5797	2,2334	6,356	11,3027
22/03/2000	C	7,647	5,3813	1,9001	4,9647	8,9536
28/03/2000	L	7,091	3,5196	1,3962	6,3437	10,6451
28/03/2000	C	4,491	7,3792	3,6895	7,1086	8,9287
04/04/2000	L	3,684	3,1844	2,8136	11,6002	5,8832
04/04/2000	C	15,219	8,0447	2,5573	9,2758	7,3832
12/04/2000	L	0,316	1,2936	1,4727	5,0414	14,1002
12/04/2000	C	3,905	6,7596	3,2507	6,0285	11,5623
18/04/2000	L	X	X	X	X	X
18/04/2000	C	X	X	X	X	X
26/04/2000	L	5,266	2,2603	3,0694	9,6126	26,1131
26/04/2000	C	43,943	22,7485	13,3746	22,3316	34,3183
03/05/2000	L	12,156	2,3035	1,6188	5,0208	9,9521
03/05/2000	C	3,291	3,3519	1,5044	4,573	4,9543
09/05/2000	L	4,412	2,7986	1,5877	5,7101	9,6794
09/05/2000	C	2,215	6,0695	X	4,5517	4,6378
19/05/2000	L	5,475	5,2594	2,6387	5,9265	10,3393
19/05/2000	C	11,004	17,1709	4,8045	13,086	22,3668
24/05/2000	L	2,547	4,2796	3,9863	6,1873	9,4519
24/05/2000	C	3,51	15,1313	5,4272	8,4502	10,5182
31/05/2000	L	4,093	1,2496	2,8465	6,449	9,9597
31/05/2000	C	1,893	9,5149	6,9844	5,2422	6,7812
07/06/2000	L	5,093	1,6738	2,878	6,7878	10,4703
07/06/2000	C	0,39	9,0034	7,918	5,8098	7,5332
14/06/2000	L	6,093	3,2755	3,5967	6,7513	9,9201
14/06/2000	C	0,557	9,5459	7,5507	5,2082	6,5115
20/06/2000	L	5,537	6,8724	3,513	7,0526	9,5019
20/06/2000	C	2,266	9,6006	8,2813	10,0519	11,3315
27/06/2000	L	2,501	11,2692	3,275	6,486	10,1239
27/06/2000	C	0,37	10,8511	7,1154	4,9476	7,0628
04/07/2000	L	2,967	6,0316	0,6541	6,4947	9,9576
04/07/2000	C	0,719	6,728	7,7521	5,1177	7,1721

SONDAS DE SUCCIÓN PARCELA 5

FECHA	MUESTRA	NO ₃ ⁻	Ca ⁺²	K ⁺	Mg ⁺²	Na ⁺
08/02/2000	L	6,1	6,518	2,705	6,305	11,159
08/02/2000	C	10,72	8,929	0,0132	6,237	12,663
15/02/2000	L	6,3	X	2,638	6,479	10,318
15/02/2000	C	12,56	7,1307	3,254	6,267	9,172
22/02/2000	L	X	X	X	X	X
22/02/2000	C	X	X	X	X	X
29/02/2000	L	5,843	X	2,7437	5,4294	9,4021
29/02/2000	C	10,215	X	3,436	9,1156	9,4032
07/03/2000	L	9,828	X	2,6245	6,0838	9,9194
07/03/2000	C	16,981	X	3,4849	4,0108	8,7272
14/03/2000	L	X	X	X	X	X
14/03/2000	C	17,264	5,6631	3,0108	10,4178	9,2695
22/03/2000	L	7,006	5,099	3,1524	7,3083	10,0447
22/03/2000	C	16,257	10,3225	4,3384	9,6549	11,425
28/03/2000	L	9,961	5,3741	2,5216	7,2229	9,0961
28/03/2000	C	9,474	10,4551	3,8756	10,4445	9,1784
04/04/2000	L	5,912	4,1711	4,3201	6,6637	9,6029
04/04/2000	C	15,154	10,6551	6,2699	10,1505	10,9451
12/04/2000	L	X	X	X	X	X
12/04/2000	C	9,784	6,9802	3,246	9,1581	13,6996
18/04/2000	L	X	X	X	X	X
18/04/2000	C	X	X	X	X	X
26/04/2000	L	43,943	5,4824	4,5506	10,0884	18,8482
26/04/2000	C	X	X	X	X	X
03/05/2000	L	9,902	3,4057	2,2248	5,1997	7,8134
03/05/2000	C	8,06	7,3003	3,3137	7,965	9,4254
09/05/2000	L	2,215	3,4558	2,1226	5,3418	7,6397
09/05/2000	C	7,166	10,0897	3,1226	8,5873	9,2889
19/05/2000	L	2,701	3,8598	3,7258	10,5239	0,5613
19/05/2000	C	6,13	16,3763	5,3793	8,7063	10,5182
24/05/2000	L	2,123	10,0042	6,1306	8,7094	14,596
24/05/2000	C	4,57	6,7821	3,5924	5,869	9,5873
31/05/2000	L	1,109	4,3817	3,8547	5,8674	8,5852
31/05/2000	C	1,479	16,1361	5,3307	8,3222	10,6416
07/06/2000	L	0,325	2,8948	3,381	5,939	8,8538
07/06/2000	C	0,564	10,7037	5,4459	8,1196	11,0466
14/06/2000	L	X	X	X	X	X
14/06/2000	C	0,994	10,355	4,699	7,1704	9,6215
20/06/2000	L	X	X	X	X	X
20/06/2000	C	2,287	14,5307	5,4712	6,0536	6,9873
27/06/2000	L	0,486	12,2562	5,0684	6,523	10,6312
27/06/2000	C	X	X	X	X	X
04/07/2000	L	X	X	X	X	X
04/07/2000	C	0,825	9,2939	4,8227	6,2721	10,1702

SONDAS DE SUCCIÓN PARCELA 6

FECHA	MUESTRA	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ⁺²	Na ⁺
08/02/2000	L	X	X	X	X	X
08/02/2000	C	1,58	4,443	3,305	9,114	10,134
15/02/2000	L	X	X	X	X	X
15/02/2000	C	X	X	X	X	X
22/02/2000	L	X	X	X	X	X
22/02/2000	C	X	X	X	X	X
29/02/2000	L	X	X	X	X	X
29/02/2000	C	X	X	X	X	X
07/03/2000	L	X	X	X	X	X
07/03/2000	C	4,408	X	3,1837	6,26	9,591
14/03/2000	L	X	X	X	X	X
14/03/2000	C	3,367	2,6173	3,355	9,5812	13,0431
22/03/2000	L	X	X	X	X	X
22/03/2000	C	3,529	5,1199	3,8105	8,3912	12,8115
28/03/2000	L	11,154	8,7219	2,7364	12,4712	20,8564
28/03/2000	C	0,915	5,7589	3,5866	10,3238	12,8189
04/04/2000	L	X	X	X	X	X
04/04/2000	C	X	X	X	X	X
12/04/2000	L	X	X	X	X	X
12/04/2000	C	0,501	5,8652	3,2467	7,9642	17,4075
18/04/2000	L	X	X	X	X	X
18/04/2000	C	X	X	X	X	X
26/04/2000	L	X	X	X	X	X
26/04/2000	C	X	X	X	X	X
03/05/2000	L	X	X	X	X	X
03/05/2000	C	0,204	6,709	3,398	6,5722	13,5718
09/05/2000	L	X	X	X	X	X
09/05/2000	C	2,876	8,7951	3,4895	8,6494	14,8631
19/05/2000	L	5,205	12,948	4,4254	6,685	12,14
19/05/2000	C	1,718	15,4823	7,1968	9,5624	16,182
24/05/2000	L	X	X	X	X	X
24/05/2000	C	X	X	X	X	X
31/05/2000	L	2,982	6,9646	3,3251	5,0349	8,0644
31/05/2000	C	0,1067	12,7942	7,331	9,7372	17,3891
07/06/2000	L	2,22	8,145	3,253	4,6812	7,2537
07/06/2000	C	0,259	12,8521	6,4875	9,2133	4,1741
14/06/2000	L	3,025	8,7159	3,4669	5,111	7,5929
14/06/2000	C	0,789	12,3786	5,909	8,028	11,9411
20/06/2000	L	2,962	7,7121	3,2985	4,2256	5,0701
20/06/2000	C	X	X	X	X	X
27/06/2000	L	0,974	9,5955	3,6032	4,4493	5,7873
27/06/2000	C	0,125	13,4151	5,7797	7,807	12,8186
04/07/2000	L	1,228	7,5338	4,0982	4,6447	5,7683
04/07/2000	C	0,634	9,8124	5,7516	6,4701	11,499

SONDAS DE SUCCIÓN PARCELA 7

FECHA	MUESTRA	NO ₃ ⁻	Ca ⁺²	K ⁺	Mg ⁺²	Na ⁺
08/02/2000	L	6,02	X	2,1965	6,106	17,7903
08/02/2000	C	7,35	X	3,41	8,415	12,281
15/02/2000	L	6,62	8,858	91,2805	6,802	16,036
15/02/2000	C	X	X	X	X	X
22/02/2000	L	X	X	X	X	X
22/02/2000	C	X	X	X	X	X
29/02/2000	L	5,353	X	1,9462	6,8485	16,2262
29/02/2000	C	X	X	X	X	X
07/03/2000	L	X	X	X	X	X
07/03/2000	C	9,394	X	2,6039	7,2663	16,4669
14/03/2000	L	10,266	4,8227	2,2186	9,3128	18,0302
14/03/2000	C	0,247	0,5068	3,1957	7,1161	4,2612
22/03/2000	L	14,813	9,1134	2,6858	8,8126	17,2034
22/03/2000	C	1,925	1,0549	3,2318	5,6931	4,7584
28/03/2000	L	11,749	8,5987	2,3654	11,4273	17,0443
28/03/2000	C	2,54	1,8475	4,0014	7,0603	5,99
04/04/2000	L	6,502	9,1684	4,2602	9,2844	18,9182
04/04/2000	C	0,931	2,3601	7,1291	6,0465	5,2083
12/04/2000	L	X	X	X	X	X
12/04/2000	C	0	0,5142	4,7407	7,4868	7,5805
18/04/2000	L	X	X	X	X	X
18/04/2000	C	X	X	X	X	X
26/04/2000	L	X	X	X	X	X
26/04/2000	C	11,393	1,9609	3,1627	20,846	26,178
03/05/2000	L	28,2611	8,5467	2,1415	7,2768	17,3813
03/05/2000	C	4,4177	3,9568	4,745	7,3873	4,53
09/05/2000	L	8,3108	9,3337	2,1851	7,7224	17,0996
09/05/2000	C	0	3,5351	4,3081	7,3373	3,9843
19/05/2000	L	1,3717	4,9833	8,8438	8,4039	5,7847
19/05/2000	C	X	X	X	X	X
24/05/2000	L	5,34	6,5848	5,5359	7,2696	11,0248
24/05/2000	C	15,185	14,3463	6,2902	11,6284	11,8161
31/05/2000	L	8,385	10,7541	4,3231	8,8019	15,9523
31/05/2000	C	X	X	X	X	X
07/06/2000	L	7,535	10,8802	3,6204	8,0687	15,4479
07/06/2000	C	0,281	2,8736	7,6015	5,852	3,9474
14/06/2000	L	8,997	11,3364	4,5937	X	X
14/06/2000	C	0,81	0,578	6,9609	5,1717	9,0493
20/06/2000	L	5,537	17,3327	4,1018	9,0626	16,4166
20/06/2000	C	1,823	4,6519	7,5713	4,9758	3,5176
27/06/2000	L	7,337	14,3249	4,0189	7,8707	15,4499
27/06/2000	C	0,4853	4,5556	7,3012	4,4678	12,1226
04/07/2000	L	X	X	X	X	X
04/07/2000	C	1,546	5,711	6,7987	10,1651	14,9337

SONDAS DE SUCCIÓN PARCELA 8

FECHA	MUESTRA	NO ₃ ⁻	Ca ⁺²	K ⁺	Mg ⁺²	Na ⁺
08/02/2000	L	5,42	X	2,9294	10,784	23,413
08/02/2000	C	5,23	9,339	4,854	11,786	24,252
15/02/2000	L	6,18	X	2,952	9,969	20,23
15/02/2000	C	X	X	X	X	X
22/02/2000	L	X	X	X	X	X
22/02/2000	C	X	X	X	X	X
29/02/2000	L	5,811	X	2,767	10,4573	20,7158
29/02/2000	C	1,107	X	4,4238	8,4321	12,2403
07/03/2000	L	10,207	X	2,604	10,285	20,227
07/03/2000	C	X	X	X	X	X
14/03/2000	L	9,821	X	2,3507	11,5007	X
14/03/2000	C	2,379	2,3207	2,2868	6,714	11,6067
22/03/2000	L	7,968	8,8201	3,0951	12,2744	21,3406
22/03/2000	C	5,187	X	X	X	X
28/03/2000	L	X	X	X	X	X
28/03/2000	C	X	X	X	X	X
04/04/2000	L	X	X	X	X	X
04/04/2000	C	7,354	8,638	2,2868	12,267	22,2825
12/04/2000	L	5,699	8,729	2,5041	12,6791	26,0565
12/04/2000	C	X	X	X	X	X
18/04/2000	L	X	X	X	X	X
18/04/2000	C	X	X	X	X	X
26/04/2000	L	X	X	X	X	X
26/04/2000	C	X	X	X	X	X
03/05/2000	L	20,102	9,6902	2,831	13,1896	23,0709
03/05/2000	C	24,285	12,8991	3,7047	14,2702	14,3864
09/05/2000	L	0	11,9957	2,3562	13,3037	23,0898
09/05/2000	C	18,336	12,7378	3,548	13,1822	13,111
19/05/2000	L	1,3717	3,1395	6,7169	7,8825	12,4581
19/05/2000	C	17,632	15,0451	6,7016	12,4486	13,4513
24/05/2000	L	X	X	X	X	X
24/05/2000	C	X	X	X	X	X
31/05/2000	L	11,739	15,1372	4,7921	13,2415	22,1623
31/05/2000	C	12,524	13,7008	5,8611	10,3481	10,6448
07/06/2000	L	14,528	15,3256	4,9388	13,677	23,1742
07/06/2000	C	11,68	12,6785	5,9033	10,2802	10,5323
14/06/2000	L	16,002	16,1788	5,4437	14,5285	23,1166
14/06/2000	C	12,816	12,4748	6,4608	9,6987	9,5976
20/06/2000	L	16,719	23,9983	5,6811	13,3942	20,0054
20/06/2000	C	13,193	22,0253	8,9578	13,4682	9,5645
27/06/2000	L	13,7	14,3778	5,2127	13,1751	23,7919
27/06/2000	C	6,997	16,6514	6,504	9,3398	10,1598
04/07/2000	L	7,231	17,9523	6,9231	9,7923	11,3321
04/07/2000	C	14,082	15,1357	5,3251	13,4918	25,6807

2.- Concentración absorbancia, CE, PH y PPM de NO₃⁻ en sondas. Año 2005

ABSORBANCIA SONDAS DE SUCCIÓN A 25 CM DE PROFUNDIDAD

	17/03/2006			23/03/2006			29/03/2006			07/04/2006		
	Abs 220	Abs 275		Abs 220	Abs 275		Abs 220	Abs 275		Abs 220	Abs 275	
L-1	0,335	0,12	15,4546	0,189	0,084	3,41628						
L-2				0,286	0,104	12,68904	0,313	0,131	8,182804	0,215	0,1	2,4402
L-3	1,037	0,199	103,95252	0,676	0,119	71,25384	0,192	0,093	0,992348	0,151	0,065	3,41628
L-4	0,291	0,126	6,34452	0,352	0,177	-0,32536	0,349	0,163	3,74164			
L-5	0,217	0,097	3,74164	0,173	0,096	-3,09092	0,184	0,091	0,479906	0,141	0,074	-1,13876
L-6	3,433	0,623	355,78116	3,129	0,34	398,40332				0,295	0,131	5,36844
L-7	0,273	0,125	3,74164	0,2	0,096	1,30144	0,292	0,071	24,385732			
L-8												

	19/04/2006			26/04/2006			24/05/2006			07/06/2006		
	Abs 220	Abs 275		Abs 220	Abs 275		Abs 220	Abs 275		Abs 220	Abs 275	
L-1												
L-2												
L-3	0,142	0,076	-1,6268	0,162	0,088	-2,139242	0,349	0,124	16,43068	0,238	0,093	8,45936
L-4	0,333	0,174	-2,4402	0,309	0,150	1,390914	0,192	0,102	-1,95216	0,592	0,224	23,42592
L-5	0,165	0,077	1,78948	0,142	0,083	-3,993794	0,261	0,142	-3,74164	0,225	0,133	-6,66988
L-6	0,281	0,151	-3,41628	0,223	0,086	8,410556						
L-7				0,354	0,083	30,681448	0,658	0,121	67,67488	0,697	0,108	78,24908
L-8												

	23/06/2006			14/07/2006			31/07/2006		
	Abs 220	Abs 275		Abs 220	Abs 275		Abs 220	Abs 275	
L-1									
L-2									
L-3	0,273	0,135	0,48804	0,241	0,12	0,16268	0,304	0,162	-3,2536
L-4	0,413	0,225	-6,01916						
L-5	0,413	0,225	-6,01916						
L-6	0,326	0,177	-4,55504	0,34	0,174	-1,30144	0,479	0,232	2,4402
L-7	0,188	0,11	-5,20576	0,174	0,095	-2,60288	0,29	0,153	-2,60288
L-8				1,001	0,202	97,11996			

CONDUCTIVIDAD SONDAS DE SUCCIÓN AÑO 2006 (ds/m)

LIX	17/03	23/03	29/03	07/04	19/04	26/04	10/05	24/05	07/06	23/06	14/07	31/07
L-1	2,25	2,09										
L-2		2,84	3,41	3,20								
L-3	2,28	2,53	2,28	2,36	2,83	3,76		4,38	4,02	4,12	4,43	4,32
L-4	2,93	3,31	2,71			3,75		3,48	5,04	5,01		
L-5	2,13	2,19	2,13	2,30	2,60	2,97	3,09	3,14	3,01	3,64		
L-6	4,75	4,33		2,80	2,44	2,80				3,53	3,74	3,91
L-7	1,87	2,19	2,38					5,51	5,43	4,94	5,18	4,51
L-8											4,52	

TRAT DDT	93	99	105	114	126	133	147	161	175	191	212	229	PROME
TE	2,19	2,14	2,13	2,30	2,60	2,97	3,09	3,14	3,01	3,64	3,64	3,64	2,72
TI	3,84	3,49	3,06	3,00	2,44	3,28	3,38	3,48	5,04	4,27	3,74	3,91	3,60
TC	2,08	2,36	2,33	2,36	2,83	3,76	4,35	4,95	4,73	4,53	4,71	4,42	3,55

PH SONDAS DE SUCCIÓN A 25 CM AÑO 2006

LIX	17/03	23/03	29/03	07/04	19/04	26/04	10/05	24/05	07/06	23/06	14/07	31/07
L-1	8,42	8,62										
L-2		8,52	8,51	8,57								
L-3	8,45	8,61	8,56	8,53	8,29	8,92		8,68	8,53	8,68	8,27	8,58
L-4	8,38	8,68	8,44			8,8		8,67	8,55	8,61		
L-5	8,04	8,58	8,45	8,5	8,14	8,66	8,77	8,54	8,54	8,06		
L-6	8,37	8,21		8,83	8,95	8,79				7,58	8,37	8,41
L-7	8,53	8,13	8,56					8,71	8,65	8,72	8,08	8,27
L-8											8,28	

TRAT	93	99	105	114	126	133	147	161	175	191	212	229	PROME
TE	8,23	8,60	8,45	8,50	8,14	8,66	8,77	8,54	8,54	8,06			8,45
TI	8,38	8,47	8,48	8,70	8,95	8,80		8,67	8,55	8,10	8,37	8,41	8,53
TC	8,49	8,37	8,56	8,53	8,29	8,92		8,70	8,59	8,70	8,21	8,43	8,53

CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN SONDAS DE SUCCIÓN A 25 CM AÑO 2006

LIX	17/03	23/03	29/03	07/04	19/04	26/04	24/05	07/06	23/06	14/07	31/07
L-1	15,4546	3,41628									
L-2		12,68904	8,182804	2,4402							
L-3	103,95252	71,25384	0,992348	3,41628	0	0	16,43068	8,45936	0,48804	0,16268	0
L-4	6,34452	0	3,74164		0	1,390914	0	23,42592	0		
L-5	3,74164	0	0,479906	0	1,78948	0	0	0	0		
L-6	355,78116	398,40332		5,36844	0	8,410556			0	0	2,4402
L-7	3,74164	1,30144	24,385732			30,681448	67,67488	78,24908	0	0	0
L-8											97,11996

TRAT	17/03	23/03	29/03	07/04	19/04	26/04	24/05	07/06	23/06	14/07	31/07	PROME
TE	9,59812	1,70814	0,479906	0	1,78948	0	0	0	0			1,51
TI	181,06284	137,030787	5,962222	3,90432	0	4,900735	0	23,42592	0	0	2,4402	32,61
TC	53,84708	36,27764	12,68904	3,41628	0	15,340724	42,05278	43,35422	0,24402	32,4275467	0	21,79

ABSORBANCIA SONDAS DE SUCCIÓN A 50 CM DE PROFUNDIDAD

	17/03/2006			23/03/2006			29/03/2006			07/04/2006		
	Abs 220	Abs 275		Abs 220	Abs 275		Abs 220	Abs 275		Abs 220	Abs 275	
L-1	0,234	0,107	3,2536	0,183	0,083	2,76556	0,236	0,129	-3,57896	0,236	0,109	2,92824
L-2	0,766	0,087	96,30656	0,561	0,048	75,6462	0,658	0,093	76,78496	0,147	0,041	10,5742
L-3			0	1,369	0,15	173,90492	1,459	0,172	181,3882	0,241	0,066	17,73212
L-4			0	0,946	0,196	90,12472	1,015	0,185	104,9286	0,224	0,098	4,55504
L-5	3,403	0,503	389,94396			0	3,037	0,39	367,16876	1,168	0,203	123,96216
L-6			0	2,582	0,253	337,72368	2,723	0,325	337,23564	1,418	0,195	167,23504
L-7	2,302	0,169	319,50352	1,786	0,185	230,35488	1,829	0,151	248,41236	1,295	0,098	178,78532
L-8	3,031	0,184	433,21684	2,896	0,126	430,12592	2,949	0,1	447,20732	2,833	0,065	439,72404

	19/04/2006			26/04/2006			10/05/2006			24/05/2006		
	Abs 220	Abs 275		Abs 220	Abs 275		Abs 220	Abs 275		Abs 220	Abs 275	
L-1	0,369	0,123	20,00964	0,205	0,113	-3,41628	0,637	0,187	42,78484	0,235	0,112	1,78948
L-2	0,113	0,07	-4,39236	0,176	0,112	-7,80864	0,122	0,071	-3,2536	0,181	0,091	-0,16268
L-3	0,174	0,083	1,30144	0,492	0,091	50,4308	0,224	0,103	2,92824	0,11	0,058	-0,97608
L-4	0,185	0,102	-3,09092	0,217	0,113	-1,46412	0,206	0,113	-3,2536			0
L-5	0,56	0,184	31,23456	0,497	0,21	12,52636	0,315	0,159	-0,48804	0,281	0,145	-1,46412
L-6	0,788	0,18	69,62704	1,097	0,223	105,90468	0,745	0,164	67,83756			0
L-7	1,415	0,135	186,2686	2,012	0,157	276,23064			0	0,344	0,174	-0,65072
L-8	2,823	0,084	431,9154	2,948	0,104	445,7432	2,975	0,128	442,32692	2,797	0,081	428,6618

	07/06/2006			23/06/2006			14/07/2006			31/07/2006		
	Abs 220	Abs 275		Abs 220	Abs 275		Abs 220	Abs 275				
L-1	0,282	0,145	-1,30144	0,515	0,233	7,97132	0,416	0,167	13,33976	0,463	0,216	5,04308
L-2			0			0			0			0
L-3	0,137	0,086	-5,6938	0,169	0,101	-5,36844	0,177	0,084	1,46412	0,261	0,14	-3,09092
L-4	0,22	0,126	-5,20576	0,272	0,146	-3,2536	0,686	0,206	44,57432	0,51	0,218	12,03832
L-5	0,402	0,156	14,6412	0,426	0,154	19,19624	0,578	0,108	58,89016	0,374	0,159	9,11008
L-6			0	0,327	0,179	-5,04308	0,369	0,186	-0,48804	0,378	0,187	0,65072
L-7			0			0	2,335	0,112	343,41748	2,034	0,131	288,26896
L-8	2,858	0,128	423,29336	2,818	0,116	420,69048	2,708	0,082	413,85792	2,831	0,118	422,1546

CONDUCTIVIDAD SONDAS DE SUCCIÓN A 50 CM (ds/m)

LIX	17/03	23/03	29/03	07/04	19/04	26/04	10/05	24/05	07/06	23/06	14/07	31/07	PROMEDIO
L-1	2,04	2,21	2,57	2,43	2,25	2,57	2,55	2,48	2,69	2,8	2,96	3,18	2,56
L-2	2,42	2,31	2,43	2,17	2,79	2,62	2,75	2,98					2,56
L-3	3,05	3,22	3,05	2,62	2,47	2,55	2,53	2,47	2,63	3,13	3,8	4,18	2,98
L-4		3,88	3,58	3,52	3,2	3,42	3,41		3,79	3,78	3,81	4,25	3,66
L-5	5,93		3,69	2,86	2,36	2,39	2,36	2,28	2,44	2,5	2,97	3,61	3,04
L-6		4,58	4,42	3,85	3,39	3,3	3,11			3,49	3,68	3,22	3,67
L-7	2,37	2,6	2,42	2,44		2,4		2,99				5,32	2,93
L-8	3,36	3,99	3,92	3,92	3,76	4,31	4,26	3,81	4,17	4,29	3,99	4,28	4,01

PH SONDAS DE SUCCIÓN A 50 CM AÑO 2006

TRAT	93	99	105	114	126	133	147	161	175	191	212	229	PROMED
TE	3,99	2,21	3,13	2,65	2,31	2,48	2,46	2,38	2,57	2,65	2,97	3,40	2,80
TI	2,42	3,59	3,48	3,18	3,13	3,11	3,05	2,98	3,79	3,64	3,75	3,74	3,30
TC	2,93	3,27	3,13	2,99	3,12	3,09	3,09	3,09	3,40	3,71	3,90	4,59	3,30

CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN SONDAS DE SUCCIÓN A 50 CM AÑO 2006

LIX	17/03	23/03	29/03	07/04	19/04	26/04	10/05	24/05	07/06	23/06	14/07	31/07	PROMEDIO
L-1	3,2536	2,76556	0	2,92824	20,00964	0	42,78484	1,78948	0	7,97132	13,33976	5,04308	8,32379333
L-2	96,30656	75,6462	76,78496	10,5742	0	0	0	0					32,41399
L-3		173,90492	181,3882	17,73212	1,30144	50,4308	2,92824	0	0	0	1,46412	0	39,0136218
L-4		90,12472	104,9286	4,55504	0	0	0		0	0	44,57432	12,03832	25,6221
L-5	389,94396		367,16876	123,96216	31,23456	12,52636	0	0	14,6412	19,19624	58,89016	9,11008	93,3339527
L-6		337,72368	337,23564	167,23504	69,62704	105,90468	67,83756			0	0	0,65072	120,690484
L-7	319,50352	230,35488	248,41236	178,78532	186,2686	276,23064		0			343,41748	288,26896	230,137973
L-8	433,21684	430,12592	447,20732	439,72404	431,9154	445,7432	442,32692	428,6618	423,29336	420,69048	413,85792	422,1546	431,576483

TRAT	93	99	105	114	126	133	147	161	175	191	212	229	PROMED
TE	196,60	2,77	183,58	63,45	25,62	6,26	21,39	0,89	7,32	13,58	36,11	7,08	50,83
TI	96,31	167,83	172,98	60,79	23,21	35,30	22,61	0,00	0,00	0,00	22,29	6,34	59,58
TC	376,36	278,13	292,34	212,08	206,50	257,47	222,63	142,89	211,65	210,35	252,91	236,81	233,58

INFORMACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE LAS SONDAS

SONDAS 25 CMS					SONDAS 50 CMS				
FECHA	DÍAS DE LA PLANTACIÓN	[NO ₃ ⁻] (mg/l)			FECHA	DÍAS DE LA PLANTACIÓN	[NO ₃ ⁻] (mg/l)		
		CE	CI	CC			CE	CI	CC
07/04/2005	107	248,41	246,215	278,396	07/04/2005	107	315,84	30,803	376,115
19/04/2005	119	2,115	46,038	92,077	12/04/2005	112	203,525	3,793	344,075
28/04/2005	128	8,459	2,765	4,555	10/05/2005	140	5,287	16,756	55,636
10/05/2005	140	10,086	5,043	171,383	17/05/2005	147	0,732	15,78	94,354
17/05/2005	147	0,813	2,277	233,12	06/06/2005	167	2,196	39,206	23,182
06/06/2005	167	10,086	5,26	33,431	16/06/2005	177	7,401	0,127	11,388
16/06/2005	177	3,091	12,363	11,388	29/06/2005	190	3,904	4,88	0,163
01/07/2005	192	0,651	5,043	10,899	18/07/2005	209	4,797	24,402	13,665
11/07/2005	202	6,344	5,53	7,16	21/07/2005	212	4,88	16,756	12,689

3.- Concentración absorbancia, CE, PH y PPM de NO₃⁻ en sondas. Año 2006

SONDAS DE SUCCIÓN A 25 CMS

	26/01	13/02	28/02	13/03	28/03	11/04	23/04	07/05	23/05	06/06	19/06	04/07	17/07
TRAT	38	56	71	84	99	113	125	139	155	169	182	197	210
T-E	411,201	377,296	323,354	115,665	62,361	12,038	4,501	1,952	2,169	14,885	0,000	3,254	1,085
T-I	432,891	420,040	440,375	422,317	370,639	433,949	413,370	378,719	0,000	148,201	0,000	1,952	0,000

PPM de Nitratos Lixiviados

Fecha de plantación: 19/12/2006

	26/01	13/02	28/02	13/03	28/03	11/04	23/04	07/05	23/05	06/06	19/06	04/07	17/07
TRAT	38	56	71	84	99	113	125	139	155	169	182	197	210
T-E	4,26	4,91	4,44	3,65	3,76	4,06	4,06	4,01	4,39	3,95	4,07	3,85	3,84
T-I	5,71	4,78	5,52	5,12	5,14	5,82	4,12	4,19	4,28	4,37	4,83	4,37	4,66

CE ds/m días después del trasplante

Fecha de plantación: 19/12/2006

DATOS DEL PH

	26/01	13/02	28/02	13/03	28/03	11/04	23/04	07/05	23/05	06/06	19/06	04/07	17/07
TRAT	38	56	71	84	99	113	125	139	155	169	182	197	210
T-E	8,67	8,30	8,26	8,32	8,40	8,50	8,40	8,01	8,36	8,30	8,32	8,16	8,24
T-I	8,55	8,57	8,30	7,82	8,50	8,50	8,53	7,90	8,24	8,57	8,37	8,16	8,28

Fecha de plantación: 19/12/2006

SONDAS DE SUCCIÓN A 50 CMS

	26/01	13/02	28/02	13/03	28/03	11/04	23/04	07/05	23/05	06/06	19/06	04/07	17/07
TRAT	38	56	71	84	99	113	125	139	155	169	182	197	210
T-E	301,446	272,611	268,503	246,542	245,443	190,783	112,575	102,976	5,165	3,660	0,000	2,847	0,000
T-I	292,865	255,001	255,530	242,759	262,281	258,132	256,302	220,716	195,257	169,797	163,981	118,716	75,646

PPM de Nitratos Lixiviados

Fecha de plantación: 19/12/2006

	26/01	13/02	28/02	13/03	28/03	11/04	23/04	07/05	23/05	06/06	19/06	04/07	17/07
TRAT	38	56	71	84	99	113	125	139	155	169	182	197	210
T-E	4,59	4,56	4,79	4,33	4,21	4,23	4,39	4,64	4,99	5,22	5,58	5,39	5,13
T-I	5,35	5,17	5,46	4,91	4,93	4,79	4,95	4,77	5,09	5,42	5,58	5,52	5,39

CE ds/m días después del trasplante

Fecha de plantación: 19/12/2006

DATOS DEL PH

	26/01	13/02	28/02	13/03	28/03	11/04	23/04	07/05	23/05	06/06	19/06	04/07
TRAT	38	56	71	84	99	113	125	139	155	169	182	197
T-E	8,21	8,14	8,39	8,13	8,08	8,47	8,04	8,46	8,36	8,26	8,16	8,30
T-I	8,46	8,13	8,15	8,24	7,98	8,29	8,33	8,15	8,37	8,40	8,44	8,19

Fecha de plantación: 19/12/2006

anexo X Producción

1.- Producción de pimientos. Año 1999

RECOLECCIÓN AÑO 2000 (Lamuyo)

		28/04/2000		18/05/2000		16/06/2000		21/07/2000	
		Nº	kg	Nº	kg	Nº	kg	Nº	kg
L-1 T-2	A	50	15,500	79	22,675	102	29,350	58	16,100
	B	16	3,602	61	14,215	68	15,430	66	15,000
	C	5	1,000	19	3,275	38	6,600	165	25,400
	D	1	0,090	0	0,000	1	0,097	32	2,890
	E	11	3,200	22	5,625	7	1,100	171	25,800
L-2 T-1	A	31	9,591	101	30,470	99	28,660	36	9,900
	B	26	6,500	60	13,810	80	18,170	67	15,015
	C	12	2,200	18	3,155	34	5,650	241	33,160
	D	0	0,000	0	0,000	0	0,000	44	4,380
	E	4	1,100	7	1,650	6	1,150	113	14,300
L-3 T-4	A	34	10,431	79	22,945	52	15,840	38	10,980
	B	10	2,300	39	8,745	43	9,770	57	12,830
	C	6	1,000	19	4,395	5	8,900	134	19,600
	D	0	0,000	17	1,080	0	0,000	28	2,560
	E	2	0,600	10	2,520	8	1,300	64	12,000
L-4 T-3	A	19	5,806	72	20,895	91	27,380	38	10,880
	B	33	8,300	60	14,970	56	12,770	51	11,280
	C	22	4,400	22	3,645	13	2,300	118	16,980
	D	0	0,000	0	0,000	0	0,000	22	2,050
	E	4	0,900	4	0,890	4	0,600	118	17,660
L-5 T-1	A	61	19,322	74	20,845	103	31,370	42	11,530
	B	8	1,800	29	6,645	48	11,290	81	18,340
	C	3	0,500	15	2,675	8	1,380	209	30,455
	D	0	0,000	0	0,000	0	0,000	34	3,265
	E	3	0,800	4	0,890	8	1,300	135	16,675
L-6 T-2	A	33	9,663	62	18,980	65	18,970	30	11,450
	B	25	5,600	58	12,105	49	11,170	67	20,595
	C	5	0,900	28	4,645	30	5,000	138	25,305
	D	0	0,000	1	0,084	0	0,000	60	11,020
	E	4	1,100	3	0,561	6	1,500	170	25,640
L-7 T-3	A	50	15,891	55	15,590	50	14,750	18	4,710
	B	21	4,700	56	12,450	33	7,600	56	12,380
	C	5	0,900	25	4,415	46	7,900	88	12,820
	D	0	0,000	0	0,000	1	0,085	8	0,750
	E	4	1,100	11	2,550	2	0,316	140	21,160
L-8 T-4	A	76	23,131	81	23,890	67	21,150	35	10,065
	B	39	0,900	75	16,620	49	11,250	55	12,500
	C	22	4,500	46	7,720	38	6,030	95	13,405
	D	3	0,100	4	0,380	0	0,000	18	1,700
	E	16	3,200	22	4,575	10	1,350	85	15,290
PRODUCCIÓN COMERCIAL		616	158,627	1255	311,319	1269	328,862	2229	409,295
PRODUCCIÓN TOTAL		664	170,627	1338	330,580	1320	337,478	3225	557,820

A=>251 g; B= 250-201 g; C= 200-101 g; D= 100-81 g; E= Destrió

RESUMEN DE LA PRODUCCIÓN DE PIMIENTO POR TRATAMIENTO AÑO 1999

T-1	148	41,813	308	80,14	386	98,97	1002	157,02
T-2	150	40,655	333	82,165	366	89,217	957	179,2
T-3	158	41,997	305	75,405	296	73,701	657	110,67
T-4	208	46,162	392	92,87	272	75,59	609	110,93
TOTAL	664	170,627	1338	330,580	1320	337,478	3225	557,820

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	Kg/m ²
T-1	39,402	8,076	33,418	7,266
T-2	38,590	8,360	30,171	6,981
T-3	30,256	6,448	24,124	5,483
T-4	31,645	6,956	27,009	6,084
MEDIA	34,973	7,460	28,680	6,453

TRATAMIENTOS	CLASIFICACIÓN					TOTAL
	> 251 g	250-201 g	200-101g	100-81 g	DESTRÍO	
T-1	3454,872	1956,624	1691,774	163,355	809,081	8075,705
T-2	3048,889	2087,970	1541,132	303,013	1378,761	8359,765
T-3	2476,538	2476,538	1140,171	61,645	536,880	6691,774
T-4	2957,949	1600,748	1400,641	124,359	872,543	6956,239
MEDIA	2984,562	2030,470	1443,429	163,093	899,316	7520,871

NOTA.- Todo esta referido a una parcela central de 7,80 metros de largo y 3 metros de ancho, por tanto a 23,4 metros cuadrados, lo que equivale a unas 50 plantas

2.- Producción de pimientos. Año 2000

RECOLECCIÓN AÑO 2001 (Lamuyo)

		25/04/2001		23/05/2001		12/06/2001		06/07/2001	
		Nº	kg	Nº	kg	Nº	kg	Nº	kg
L-1 T-2	A	86	26,470	102	32,800	37	10,800	3	0,850
	B	52	12,130	41	9,550	31	7,000	16	3,400
	C	8	1,450	8	1,400	37	6,100	20	2,900
	D	0	0,000	0	0,000	1	0,088	12	1,950
	E	8	2,350	12	3,720	33	4,450	32	6,050
L-2 T-1	A	62	19,220	149	49,000	27	7,750	3	0,800
	B	14	3,310	52	10,700	20	4,500	9	2,000
	C	1	0,185	0	0,000	27	5,000	39	5,650
	D	0	0,000	0	0,000	0	0,000	7	0,650
	E	0	0,000	18	4,100	37	6,500	36	6,250
L-3 T-4	A	47	14,790	144	0,044	62	18,500	5	1,350
	B	22	5,000	50	11,190	55	14,400	12	2,630
	C	2	0,380	12	2,030	46	7,750	21	3,200
	D	0	0,000	0	0,000	0	0,000		0,000
	E	1	0,188	16	4,550	11	2,500	16	2,600
L-4 T-3	A	45	13,870	158	48,500	75	22,350	16	4,400
	B	16	3,800	53	11,910	56	12,530	16	3,600
	C	6	1,140	18	3,190	46	8,000	27	3,950
	D	0	0,000	0	0,000	0	0,000	11	1,000
	E	0	0,000	13	2,850	12	2,500	21	3,850
L-5 T-1	A	58	17,880	131	49,070	56	16,350	7	2,000
	B	30	6,840	38	8,900	56	12,650	16	3,560
	C	6	1,150	24	4,250	56	9,450	39	5,750
	D	0	0,000	0	0,000	7	0,590	10	0,900
	E	0	0,000	10	2,760	18	3,300	18	2,350
L-6 T-2	A	64	19,820	109	34,960	54	15,100	5	1,450
	B	37	8,530	63	9,970	55	13,500	8	1,700
	C	5	0,990	23	4,230	81	13,000	21	3,500
	D	0	0,000	0	0,000	0	0,000	6	0,500
	E	4	1,250	7	1,500	19	3,300	23	3,250
L-7 T-3	A	51	15,910	97	26,650	53	15,450	5	1,400
	B	24	5,470	36	8,750	53	11,800	11	2,400
	C	10	1,750	19	3,230	31	5,400	29	3,200
	D	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000
	E	0	0,000	15	3,130	72	3,400	54	9,000
L-8 T-4	A	52	20,300	114	33,350	75	22,150	11	3,650
	B	24	5,550	57	12,900	54	11,350	20	4,450
	C	8	1,450	35	5,950	26	4,750	22	3,500
	D	0	0,000	0	0,000	0	0,000	1	0,078
	E	2	0,440	17	3,000	41	7,500	37	7,200
PRODUCCIÓN COMERCIAL		730	207,385	1533	382,524	1177	276,308	428	76,368
PRODUCCIÓN TOTAL		745	211,613	1641	408,134	1420	309,758	665	116,918

Datos referidos a 23,4 m² de parcela limimétrica.

RESUMEN DE LA PRODUCCIÓN DE PIMIENTO POR TRATAMIENTO AÑO 2000

T-1	171	48,585	422	128,78	304	66,09	184	29,91
T-2	264	72,99	365	98,13	348	73,338	146	25,55
T-3	152	41,94	409	108,21	398	81,43	190	32,8
T-4	158	48,098	445	73,014	370	88,9	145	28,658
TOTAL	745	211,613	1641	408,134	1420	309,758	665	116,918

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	Kg/m ²
T-1	23,098	5,841	20,171	5,301
T-2	23,996	5,769	21,047	5,217
T-3	24,551	5,649	20,556	5,121
T-4	23,889	5,100	20,876	4,502
MEDIA	23,883	5,589	20,662	5,035

TRATAMIENTOS	CLASIFICACIÓN					TOTAL
	> 251 g	250-201 g	200-101g	100-81 g	DESTRÍO	
T-1	3463,034	1120,940	671,688	45,726	539,744	5841,132
T-2	3039,530	1405,556	717,308	54,231	552,778	5769,403
T-3	3173,718	1287,606	638,034	21,368	331,838	5452,564
T-4	2438,761	1441,667	619,872	1,667	597,821	5099,788
MEDIA	3028,761	1313,942	661,726	30,748	505,545	5540,722

NOTA.- Todo esta referido a una parcela central de 7,80 metros de largo y 3 metros de ancho, por tanto a 23,4 metros cuadrados, lo que equivale a unas 50 plantas

**TABLAS DE PRODUCCIÓN DE PIMIENTOS POR PARCELA ELEMENTAL
Y CLASIFICACIÓN POR CATEGORÍAS**

FECHA: 25 de abril de 2001

	>251		250-201		200-101		100-81		DESTRÍO		TOTAL	
	Nº	g	Nº	g	Nº	g	Nº	g	Nº	g	Nº	g
L-1	86	26.470	52	12.130	8	1.450	0	0	8	2.350	154	42.400
L-2	62	19.220	14	3.310	1	185	0	0	0	0	77	22.715
L-3	47	14.790	22	5.000	2	380	0	0	1	188	72	20.268
L-4	45	13.870	16	3.800	6	1.140	0	0	0	0	67	18.810
L-5	58	17.880	30	6.840	6	1.150	0	0	0	0	94	25.878
L-6	64	19.820	37	8.530	5	990	0	0	4	1.250	110	30.590
L-7	51	15.910	24	5.470	10	1.750	0	0	0	0	85	23.130
L-8	52	20.300	24	5.550	8	1.450	0	0	2	440	86	27.740

SUPERFICIE /PARCELA= 60 m² TAMAÑO DE LA MUESTRA=22
Los subíndices nos indican el tratamiento

FECHA: 23 de mayo de 2001

	>251		250-201		200-101		100-81		DES		TOTAL	
	Nº	g	Nº	g	Nº	g	Nº	g	Nº	g	Nº	g
L-1	102	32.800	41	9.550	8	1.400	-	-	12	3.720	163	47470
L-2	149	49.000	52	10.700	-	-	-	-	18	4.100	219	63800
L-3	144	44.100	50	11.190	12	2.030	-	-	16	4.550	212	61870
L-4	158	48.500	53	11.910	18	3.190	-	-	13	2.850	242	66450
L-5	131	49.070	38	8.900	24	4.250	-	-	10	2.760	183	64980
L-6	109	34.960	63	9.970	23	4.230	-	-	7	1.500	202	49167
L-7	97	26.650	36	8.750	19	3.230	-	-	15	3.130	167	41760
L-8	114	33.350	57	12.900	35	5.950	-	-	17	3.000	223	55200

SUPERFICIE /PARCELA= 60 m² TAMAÑO DE LA MUESTRA=22
Los subíndices nos indican el tratamiento

FECHA: 12 de junio de 2001

	>251		250-201		200-101		100-81		DES		TOTAL	
	Nº	g	Nº	g	Nº	g	Nº	g	Nº	g	Nº	g
L-1	37	10.800	31	7.000	37	6.100	1	88	33	4.450	139	28.438
L-2	27	7.750	20	4.500	27	5.000	0	0	37	6.500	111	23.950
L-3	62	18.500	55	14.400	46	7.750	0	0	11	2.500	174	43.150
L-4	75	22.350	56	12.530	46	8.000	0	0	12	2.500	189	45.380
L-5	56	16.350	56	12.650	56	9.450	7	590	18	3.300	193	42.340
L-6	54	15.100	55	13.500	81	13.000	0	0	19	3.400	209	45.000
L-7	53	15.450	53	11.800	31	5.400	0	0	72	11.800	209	44.450
L-8	75	22.150	54	11.350	26	4.750	0	0	41	7.500	196	45.750

SUPERFICIE /PARCELA= 60 m² TAMAÑO DE LA MUESTRA=22
Los subíndices nos indican el tratamiento

FECHA: 6 de julio de 2001

	>251		250-201		200-101		100-81		DES		TOTAL	
	Nº	GR	Nº	GR	Nº	GR	Nº	GR	Nº	GR	Nº	GR
1 ₂	3	850	16	3.400	20	2.900	12	1.950	32	6.050		
2 ₁	3	800	9	2.000	39	5.650	7	650	36	6.250		
3 ₄	5	1.350	12	2.630	21	3.200			16	2.600		
4 ₃	16	4.400	16	3.600	27	3.950	11	1.000	21	3.850		
5 ₁	7	2.000	16	3560	39	5.750	10	900	18	2.350		
6 ₂	5	1.450	8	1.700	21	3.500	6	500	23	3.250		
7 ₃	5	1.400	11	2.400	29	3.200			54	9.000		
8 ₄	11	3.650	20	4.450	22	3.500	1	78	37	7.200		

SUPERFICIE /PARCELA= 60 m² TAMAÑO DE LA MUESTRA=22
Los subíndices nos indican el tratamiento

3.- Producción de pimientos. Año 2001

RECOLECCIÓN AÑO 2002 (Lamuyo)

		03/04/2002		03/05/2002		23/05/2002		13/06/2002		28/06/2002	
		Nº	kg	Nº	kg	Nº	kg	Nº	kg	Nº	kg
L-1 T-2	A	28	8,100	110	33,050	143	42,950	138	39,600	3	0,820
	B	34	7,600	40	9,000	64	14,800	91	27,750	15	3,250
	C	19	3,400	17	4,000	10	1,800	78	12,860	39	1,050
	D	1	0,098	0	0,000	0	0,000	9	0,800	5	0,450
	E	0	0,000	4	0,950	3	0,650	15	2,200	0	0,000
L-2 T-1	A	22	6,300	140	44,900	128	38,020	93	26,300	3	0,850
	B	25	5,700	16	3,800	58	12,950	90	20,100	12	2,700
	C	21	4,000	7	1,300	24	4,250	110	17,600	69	8,500
	D	0	0,000	1	0,100	0	0,000	10	0,950	5	0,450
	E	0	0,000	2	0,600	1	0,270	21	4,350	0	0,000
L-3 T-4	A	16	4,525	114	34,300	157	46,075	97	2,550	13	0,004
	B	24	5,675	38	8,800	76	17,400	109	26,800	14	1,130
	C	18	3,100	24	5,400	22	4,000	98	15,800	46	6,950
	D	0	0,000	0	0,000	0	0,000	7	0,600	11	1,000
	E	0	0,000	0	0,000	1	0,081	11	2,100	7	1,300
L-4 T-3	A	4	1,150	97	33,650	164	49,285	136	40,050	7	2,000
	B	15	3,300	57	15,520	60	13,580	70	15,400	9	2,000
	C	16	2,750	35	5,950	19	3,150	72	11,900	31	5,750
	D	0	0,000	1	0,082	0	0,000	3	0,300	2	0,190
	E	1	0,126	1	0,240	0	0,000	18	2,500	4	0,500
L-5 T-1	A	7	1,900	140	41,600	117	37,100	137	42,200	9	2,870
	B	15	3,350	59	13,550	34	6,800	37	8,350	22	4,750
	C	40	6,900	26	4,500	15	2,550	78	14,950	69	0,010
	D	2	0,165	0	0,000	0	0,000	0	0,000	6	0,550
	E	0	0,000	0	0,000	0	0,000	15	2,600	10	1,000
L-6 T-2	A	16	4,450	74	22,000	153	45,250	133	38,300	8	2,100
	B	34	7,500	38	8,750	65	14,600	98	23,050	17	3,700
	C	36	6,150	15	2,750	15	2,600	108	18,650	42	6,300
	D	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	4	0,280
	E	3	0,171	0	0,000	0	0,000	13	2,600	4	0,900
L-7 T-3	A	15	4,300	74	28,550	91	27,825	118	33,956	7	2,000
	B	25	5,550	37	8,450	58	12,950	85	17,000	9	2,000
	C	36	6,300	21	3,850	16	2,750	79	12,550	20	3,000
	D	0	0,000	0	0,000	0	0,000	7	0,650	6	5,500
	E	1	0,078	1	0,252	1	0,300	5	0,700	1	0,120
L-8 T-4	A	8	2,225	82	24,750	111	33,170	123	35,265	3	0,850
	B	25	5,650	38	8,450	74	16,750	107	23,500	9	0,950
	C	9	1,500	29	5,000	37	5,600	75	12,350	22	2,300
	D	1	0,093	0	0,000	0	0,000	1	0,098	7	0,750
	E	1	0,182	3	0,796	2	0,275	6	1,300	7	1,000
PRODUCCIÓN COMERCIAL		512	111,731	1330	372,052	1711	456,205	2397	540,229	544	75,004
PRODUCCIÓN TOTAL		518	112,288	1341	374,890	1719	457,781	2501	558,579	577	79,824

Datos referidos a 23,4 m² de parcela liximétrica.

RESUMEN DE LA PRODUCCIÓN DE PIMIENTO POR TRATAMIENTO AÑO 2001

T-1	132	28,315	391	110,35	377	101,94	591	137,4	205	21,68
T-2	171	37,469	298	80,5	453	122,65	683	165,81	137	18,85
T-3	113	23,554	324	96,544	409	109,84	593	135,006	96	23,06
T-4	102	22,95	328	87,496	480	123,351	634	120,363	139	16,234
TOTAL	518	112,288	1341	374,89	1719	457,781	2501	558,579	577	79,824

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	Kg/m ²
T-1	36,239	8,540	35,192	8,352
T-2	37,222	9,087	36,325	8,928
T-3	32,799	8,291	32,094	8,188
T-4	35,962	7,914	35,150	7,764
MEDIA	35,556	8,458	34,690	8,308

TRATAMIENTOS	CLASIFICACIÓN					TOTAL
	> 251 g	250-201 g	200-101g	100-81 g	DESTRÍO	
T-1	5171,795	1753,205	1379,487	47,329	188,462	8540,278
T-2	5055,983	2564,103	1272,650	34,786	159,637	9087,158
T-3	4759,957	4759,957	1238,248	143,632	30,983	10932,778
T-4	3925,513	2459,509	1324,786	54,295	150,299	7914,402
MEDIA	4728,312	2884,193	1303,793	70,011	132,345	9118,654

NOTA.- Todo esta referido a una parcela central de 7,80 metros de largo y 3 metros de ancho, por tanto a 23,4 metros cuadrados, lo que equivale a unas 50 plantas

4.- Producción media de pimientos. Años 1999, 2000 y 2001

AÑO	TRATAMIENTO	kg total/ m ²	nº fru co/ m ²	nº fru total/ m ²	kg comer/ m ²
99	T-1	8,08	22,61	28,72	7,27
99	T-2	8,36	20,26	28,67	6,98
99	T-3	7,09	15,55	21,69	6,13
99	T-4	7,25	23,06	27,69	6,3
0	T-1	6,85	23,06	27,09	6,22
0	T-2	6,77	24,21	28,14	6,12
0	T-3	6,84	23,83	28,8	6,01
0	T-4	7,09	24,46	28,08	6,34
1	T-1	9,08	37,43	38,54	8,88
1	T-2	9,67	38,64	39,59	9,49
1	T-3	8,82	40,12	34,88	8,71
1	T-4	8,42	37,39	38,25	8,26

1999

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	kg/m ²
T-1	39,402	8,076	33,418	7,266
T-2	38,59	8,36	30,171	6,981
T-3	30,256	6,448	24,124	5,483
T-4	31,645	6,956	27,009	6,084
MEDIA	34,973	7,46	28,68	6,453

2000

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	kg/m ²
T-1	23,098	5,841	20,171	5,301
T-2	23,996	5,769	21,047	5,217
T-3	24,551	5,649	20,556	5,121
T-4	23,889	5,1	20,876	4,502
MEDIA	23,883	5,589	20,662	5,035

2001

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	kg/m ²
T-1	36,239	8,54	35,192	8,352
T-2	37,222	9,087	36,325	8,928
T-3	32,799	8,291	32,094	8,188
T-4	35,962	7,914	35,15	7,764
MEDIA	35,556	8,458	34,69	8,308

MEDIA DE TRES AÑOS LAMUYO 1999, 2000, 2001

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	kg/m ²
T-1	32,91	7,48	29,59	6,973
T-2	33,27	7,74	29,18	7,042
T-3	29,20	6,79	25,59	6,264
T-4	30,50	6,65	27,69	6,12
MEDIA	31,471	7,17	28,01	6,60

MEDIA AÑOS 1999, 2000 y 2001

TRATAMIENTOS	CLASIFICACIÓN					TOTAL
	> 251 g	250-201 g	200-101g	100-81 g	DESTRÍO	
T-1	4029,900	1610,256	1247,650	85,470	512,429	7485,705
T-2	3714,801	2019,210	1177,030	130,677	697,059	7738,775
T-3	3872,351	1814,733	1212,340	108,073	604,744	7612,240
T-4	3107,408	1833,975	1115,100	60,107	540,221	6656,809
MEDIA	3681,115	1819,543	1188,030	96,082	588,613	7373,382

NOTA.- Todo esta referido a una parcela central de 7,80 metros de largo y 3 metros de ancho, por tanto a 23,4 metros cuadrados, lo que equivale a unas 50 plantas

RELACIÓN PRODUCCIÓN-AGUA APLICADA 1999, 2000, 2001

*Estos datos presentan pequeñas variaciones respecto a los de las tablas anteriores, por el redondeo de decimales de los mismos.

1999

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL		VOL. DE AGUA APLICADA	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	litros/m ²	Litros agua/kg producto
T-1	39,402	8,076	33,418	7,266	709,537	87,857
T-2	38,59	8,36	30,171	6,981	667,599	79,856
T-3	30,256	6,448	24,124	5,483	731,658	113,471
T-4	31,645	6,956	27,009	6,084	738,469	106,163
MEDIA	34,973	7,46	28,68	6,453	7118	96,837

2000

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL		VOL. DE AGUA APLICADA	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	litros/m ²	Litros agua/kg producto
T-1	23,098	5,841	20,171	5,301	490,246	83,932
T-2	23,996	5,769	21,047	5,217	452,543	78,444
T-3	24,551	5,649	20,556	5,121	470,273	83,249
T-4	23,889	5,1	20,876	4,502	453,547	88,931
MEDIA	23,883	5,589	20,662	5,035	4666	83,639

2001

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL		VOL. DE AGUA APLICADA	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	litros/m ²	Litros agua/kg producto
T-1	36,239	8,54	35,192	8,352	625,184	73,207
T-2	37,222	9,087	36,325	8,928	514,742	56,646
T-3	32,799	8,291	32,094	8,188	535,122	64,543
T-4	35,962	7,914	35,15	7,764	516,689	65,288
MEDIA	35,556	8,458	34,69	8,308	5479	64,921

5.- Producción de pimientos. Año 2002

RECOLECCIÓN AÑO 2003 (California)

		02/05/03	22/05/03	07/06/03	08/07/03
		kg	kg	kg	kg
L-1	A	70,730	65,050	48,300	37,400
T-1	B	8,830	9,850	7,600	1,700
L-2	A	101,100	53,530	42,150	38,950
T-2	B	1,850	7,450	6,700	0,950
L-3	A	83,940	48,650	41,700	34,400
T-3	B	3,000	3,650	5,500	1,350
L-4	A	90,660	40,800	42,450	23,850
T-1	B	3,850	4,800	5,250	1,750
L-5	A	97,240	39,000	49,400	44,350
T-1	B	2,750	1,450	6,100	2,700
L-6	A	72,730	51,550	49,350	52,350
T-2	B	2,210	2,200	8,950	2,850
L-7	A	75,430	55,450	31,500	51,950
T-3	B	2,730	2,350	5,200	1,150
L-8	A	80,880	54,900	31,300	35,850
T-3	B	5,560	4,350	3,800	1,250
PRODUCCIÓN COMERCIAL		672,710	408,930	336,150	319,100
PRODUCCIÓN TOTAL		703,490	445,030	385,250	332,800

A= PRODUCTO COMERCIAL; B= PRODUCTO DESTRIJO

RESUMEN DE LA PRODUCCIÓN DE PIMIENTO POR TRATAMIENTO. AÑO 2002

T-1	274,060	160,950	159,100	111,750
T-2	177,890	114,730	107,150	95,100
T-3	251,540	169,350	119,000	125,950
TOTAL	703,490	445,030	385,250	332,800

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL	PRODUCCIÓN COMERCIAL
	kg/m ²	kg/m ²
T-1	10,055	9,248
T-2	10,574	9,865
T-3	9,485	8,916
MEDIA	10,038	9,343

NOTA.- Todo esta referido a una parcela central de 7,80 metros de largo y 3 metros de ancho, por tanto a 23,4 metros cuadrados, lo que equivale a unas 50 plantas.

NOTA.- Las repeticiones para los tratamientos T-1 y T-3 es de 3 parcelas cada uno, mientras que para el tratamiento T-2 (producción integrada) es de 2 parcelas.

6.- Producción de pimientos. Año 2003

RECOLECCIÓN AÑO 2004 (California)

		20/05/04		12/06/04		11/07/04		23/07/04	
		Nº	kg	Nº	kg	Nº	kg	Nº	kg
L-1 T-E	A	10,497	46	12,004	17	4,309	0	0,000	0,000
	B	0,649	6	1,096	16	2,859	10	1,764	1,764
	C	0,000	0	0,000	18	5,220	110	12,331	12,331
	D	0,000	9	1,676	15	2,545	61	4,463	4,463
L-2 T-I	A	10,796	47	11,985	16	3,841	0	0,000	0,000
	B	1,658	14	2,403	5	0,879	20	3,497	3,497
	C	0,000	4	0,587	7	0,996	94	10,197	10,197
	D	0,000	2	0,379	4	0,612	12	0,968	0,968
L-3 T-C	A	9,954	45	11,372	15	3,541	0	0,000	0,000
	B	0,515	15	2,710	6	1,028	14	2,287	2,287
	C	0,278	2	0,266	1	0,119	55	6,502	6,502
	D	0,753	5	0,852	15	1,954	5	0,397	0,397
L-4 T-I	A	12,896	35	8,747	17	4,400	0	0,000	0,000
	B	1,265	8	1,484	11	1,956	4	0,735	0,735
	C	0,287	7	1,363	14	1,848	46	5,866	5,866
	D	0,831	2	0,450	6	0,643	10	0,672	0,672
L-5 T-E	A	18,140	37	10,033	36	8,488	0	0,000	3,598
	B	0,352	4	0,747	26	4,668	21	3,598	9,995
	C	0,287	0	0,000	15	2,059	81	9,995	2,055
	D	0,000	5	0,996	6	1,085	22	2,055	0,000
L-6 T-I	A	10,039	41	10,856	26	6,791	0	0,000	2,643
	B	0,562	5	0,938	12	2,295	14	2,643	6,104
	C	0,000	2	0,303	21	2,957	51	6,104	1,566
	D	0,000	8	1,677	10	1,417	21	1,566	0,000
L-7 T-C	A	6,023	29	7,085	10	2,232	0	0,000	3,400
	B	0,356	7	2,185	3	0,563	13	3,400	2,825
	C	0,269	6	0,844	8	1,127	22	2,825	0,401
	D	0,000	1	0,109	12	1,418	4	0,401	0,000
L-8 T-C	A	10,120	33	8,552	5	1,226	0	0,000	2,653
	B	1,103	14	3,535	9	1,629	15	2,653	4,742
	C	0,469	3	0,329	11	1,428	38	4,742	0,181
	D	0,000	4	0,807	5	0,694	3	0,181	79,139
PRODUCCIÓN COMERCIAL		387	96,515	410	99,424	325	66,459	608	79,139
PRODUCCIÓN TOTAL		392	98,099	446	106,370	398	76,827	746	89,842

A= >200 g; B= 200-160 g; C= 160-80 g; D= Destrió.

RESUMEN DE LA PRODUCCIÓN DE PIMIENTO POR TRATAMIENTO AÑO 2003

T-E	118	29,925	107	26,552	149	31,233	305	34,206
T-I	155	38,334	175	41,172	149	28,635	272	32,246
T-C	119	29,840	164	38,646	100	16,959	169	23,388
TOTAL	392	98,099	446	106,370	398	76,827	746	89,842

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	kg/m ²
T-E	14,508	12,717	11,987	10,101
T-I	10,690	8,949	10,256	7,857
T-C	7,883	6,506	7,066	5,726
MEDIA	11,029	9,391	9,767	7,895

NOTA.- Se incorporan aquí los datos de una quinta recolección el 26/06/2003, cuyo detalle individual se ha perdido; pero no los kilos totalizados en la anualidad.

TRATAMIENTOS	CLASIFICACIÓN				TOTAL
	> 200 g	200-160 g	160-80g	Destrío	
T-1	1356,22	336,17	638,72	273,93	2605,04
T-2	1144,60	289,39	425,16	131,26	1990,41
T-3	856,197	312,877	273,476	107,778	1550,328
T-4	1119,00	312,81	445,79	170,99	2048,60
MEDIA	4728,312	2884,193	1303,793	132,345	9118,654

NOTA.- Todo está referido a una parcela central de 7,80 metros de largo y 3 metros de ancho, por tanto a 23,4 metros cuadrados, lo que equivale a unas 50 plantas.

NOTA.-Este año debido a problemas con el invernadero se planto mas tarde el cultivo (principios de febrero 2003).
NOTA.- Las repeticiones para los tratamientos T-I y T-C es de 3 parcelas cada uno, mientras que para el tratamiento T-E (producción ecológica) es de 2 parcelas.

7.- Producción de pimientos. Año 2004

RECOLECCIÓN AÑO 2005 (California)

		05/04/05		04/05/05		31/05/05		01/07/05		20/07/05	
		Nº	kg	Nº	kg	Nº	kg	Nº	kg	Nº	kg
L-1 T-E	A	22	4,804	67	15,028	13	3,304	19	4,076	0	0,000
	B	3	0,801	17	4,126	3	0,717	0	0,000	0	0,000
	C	41	7,871	105	20,084	19	3,383	35	6,274	4	0,691
	D	38	5,888	71	10,366	48	6,089	271	35,974	125	15,756
	E	15	2,226	49	6,544	23	2,070	149	11,738	130	10,112
L-2 T-I	A	18	3,969	59	13,284	41	10,038	56	12,106	9	1,895
	B	7	1,670	13	3,234	17	4,298	2	0,460	1	0,240
	C	38	7,051	87	16,027	27	5,161	77	14,161	21	3,914
	D	41	5,981	139	19,011	51	6,684	209	28,298	77	10,368
	E	6	0,737	42	4,785	35	2,958	54	4,655	51	4,228
L-3 T-C	A	20	4,384	47	10,384	31	7,341	59	12,898	5	1,060
	B	7	1,671	9	2,133	7	1,727	4	0,912	1	0,234
	C	30	5,623	56	10,417	25	4,812	85	15,354	39	7,395
	D	54	7,681	94	12,618	61	8,245	252	34,683	78	10,835
	E	9	1,400	48	5,911	57	5,577	54	4,436	133	13,978
L-4 T-I	A	15	3,347	44	9,587	55	13,482	45	9,443	7	1,466
	B	2	0,497	7	1,716	11	2,710	1	0,268	1	0,237
	C	41	7,607	75	13,991	46	8,950	66	11,814	27	4,986
	D	47	6,726	140	19,635	63	8,397	207	28,439	101	13,592
	E	11	1,705	19	2,816	42	5,026	51	4,197	100	9,668
L-5 T-E	A	7	1,557	56	12,315	56	13,513	58	12,289	6	1,306
	B	2	0,481	12	2,881	13	3,211	0	0,000	1	0,231
	C	29	5,318	77	14,496	46	9,079	45	7,916	27	5,040
	D	58	8,288	151	21,018	60	7,852	198	27,055	75	10,080
	E	8	0,873	32	3,667	36	4,105	44	3,903	152	13,948
L-6 T-I	A	16	3,583	56	12,877	50	15,663	73	15,584	12	2,437
	B	1	0,227	14	2,810	23	6,089	4	0,977	4	1,004
	C	27	4,983	71	13,284	42	8,037	68	12,466	29	5,410
	D	63	9,025	115	16,283	70	9,622	146	20,470	69	9,866
	E	7	1,024	28	2,847	45	5,151	26	2,097	122	13,289
L-7 T-C	A	28	6,284	24	5,446	29	6,754	61	13,019	13	2,791
	B	5	0,958	5	1,225	4	1,052	7	1,654	3	0,739
	C	40	7,517	55	10,352	30	5,688	58	10,455	29	5,512
	D	45	6,561	113	15,672	61	8,034	211	26,764	90	12,295
	E	9	1,496	24	2,683	45	3,990	66	5,285	130	12,075
L-8 T-C	A	11	2,450	29	6,349	7	1,477	34	7,257	5	0,963
	B	1	0,265	0	0,000	2	0,491	4	0,995	0	0,000
	C	34	6,266	47	8,759	22	4,017	39	7,595	20	3,665
	D	50	7,036	125	17,078	81	10,043	156	20,385	103	14,130
	E	7	0,921	42	4,221	67	5,844	55	5,217	124	11,210
PRODUCCIÓN COMERCIAL		841	146,370	1980	342,486	1114	205,960	2550	400,041	982	148,156
PRODUCCIÓN TOTAL		913	156,752	2264	375,960	1464	240,681	3049	441,569	1924	236,664

RESUMEN DE LA PRODUCCIÓN DE PIMIENTO POR TRATAMIENTO AÑO 2004

T-E	223	38,107	637	110,525	317	54,323	819	109,225	520	57,164
T-I	340	58,132	909	152,187	618	111,266	1085	165,435	631	82,600
T-C	350	60,513	718	113,248	529	75,092	1145	166,909	773	96,900
TOTAL	913	156,752	2264	375,960	1464	240,681	3049	441,569	1924	236,664

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	Kg/m ²
T-E	53,276	7,958	41,117	6,799
T-I	50,406	8,126	41,517	7,234
T-C	50,071	8,740	37,775	7,111
MEDIA	51,251	8,275	40,136	7,048

TRATAMIENTOS	CLASIFICACIÓN					TOTAL
	> 190 gr	> 225 gr	225-170 gr	170-100 gr	Destrío	
T-1	1503,091	254,644	1816,239	3207,336	1176,610	7957,920
T-2	1953,761	448,910	1933,632	2897,607	892,543	8126,453
T-3	1343,519	213,732	1841,296	3694,330	1647,009	8739,886
MEDIA	1600,123	305,762	1863,723	3266,425	1238,720	8274,753

A= >190 g frutos extra; B= >225 g frutos 1ª; C= 170-225 g frutos 2ª;
D= 100-170 g frutos 3ª; E= Destrío-Industria

NOTA.- Todo esta referido a una parcela central de 7,80 metros de largo y 3 metros de ancho, por tanto a 23,4 metros cuadrados, lo que equivale a unas 50 plantas.

NOTA.- Las repeticiones para los tratamientos T-I y T-C son de 3 parcelas cada uno, mientras que para el tratamiento T-E (producción ecológica) es de 2 parcelas.

8.- Clasificación del número de frutos por categoría. Año 2004

CLASIFICACIÓN DEL NÚMERO DE FRUTOS POR CATEGORÍA, POR RECOLECCIONES Y POR PARCELAS ELEMENTALES

		1ª RECOLECCIÓN 05/04/05					
LIX	FILA	Nº Frutos Total	Nº Frutos Extra	Nº Frutos 1ª	Nº Frutos 2ª	Nº Frutos 3ª	Nº Ind. Destruído
L-1	FILA 3	47	7	0	18	20	2
	FILA 4	36	6	2	12	8	8
	FILA 5	36	9	1	11	10	5
L-2	FILA 3	38	5	3	11	15	4
	FILA 4	35	6	3	16	10	0
	FILA 5	37	7	1	11	16	2
L-3	FILA 3	32	9	1	8	12	2
	FILA 4	54	5	5	13	27	4
	FILA 5	34	6	1	9	15	3
L-4	FILA 3	35	6	0	12	13	4
	FILA 4	32	8	2	14	6	2
	FILA 5	49	1	0	15	28	5
L-5	FILA 3	41	3	1	7	26	4
	FILA 4	27	2	1	13	9	2
	FILA 5	36	2	0	9	23	2
L-6	FILA 3	39	5	1	8	22	3
	FILA 4	32	6	0	9	14	3
	FILA 5	43	5	0	10	27	1
L-7	FILA 3	26	4	1	11	10	0
	FILA 4	52	15	2	14	18	3
	FILA 5	49	9	2	15	17	6
L-8	FILA 3	34	3	0	12	15	4
	FILA 4	33	3	0	9	19	2
	FILA 5	36	5	1	13	16	1

2ª RECOLECCIÓN 04/05/05							
LIX	FILA	Nº Frutos Total	Nº Frutos Extra	Nº Frutos 1ª	Nº Frutos 2ª	Nº Frutos 3ª	Nº Ind. Destrío
L-1	FILA 3	94	18	9	34	19	14
	FILA 4	90	23	7	32	13	15
	FILA 5	125	26	1	39	39	20
L-2	FILA 3	90	22	8	22	34	4
	FILA 4	112	17	3	34	40	18
	FILA 5	138	20	2	31	65	20
L-3	FILA 3	106	19	5	19	42	21
	FILA 4	56	12	2	16	20	6
	FILA 5	92	16	2	21	32	21
L-4	FILA 3	107	14	2	29	49	13
	FILA 4	86	19	4	23	37	3
	FILA 5	92	11	1	23	54	3
L-5	FILA 3	101	16	2	27	51	5
	FILA 4	114	24	7	28	42	13
	FILA 5	113	16	3	22	58	14
L-6	FILA 3	75	12	3	24	27	9
	FILA 4	94	17	5	31	35	6
	FILA 5	115	27	6	16	53	13
L-7	FILA 3	88	8	2	17	47	14
	FILA 4	62	7	1	14	35	5
	FILA 5	71	9	2	24	31	5
L-8	FILA 3	91	7	0	17	51	16
	FILA 4	77	13	0	19	39	6
	FILA 5	75	9	0	11	35	20

3ª RECOLECCIÓN 31/05/05							
LIX	FILA	Nº Frutos Total	Nº Frutos Extra	Nº Frutos 1ª	Nº Frutos 2ª	Nº Frutos 3ª	Nº Ind. Destrío
L-1	FILA 3	22	4	0	1	12	5
	FILA 4	56	4	3	15	22	12
	FILA 5	28	5	0	3	14	6
L-2	FILA 3	77	19	12	12	30	4
	FILA 4	52	11	5	6	15	15
	FILA 5	42	11	0	9	6	16
L-3	FILA 3	74	12	3	10	28	21
	FILA 4	49	6	0	3	14	26
	FILA 5	58	13	4	12	19	10
L-4	FILA 3	53	15	4	10	13	11
	FILA 4	115	20	5	23	41	26
	FILA 5	49	20	2	13	9	5
L-5	FILA 3	74	20	4	18	18	14
	FILA 4	77	21	9	12	22	13
	FILA 5	60	15	0	16	20	9
L-6	FILA 3	69	18	6	14	22	9
	FILA 4	98	22	6	13	33	24
	FILA 5	63	10	11	15	15	12
L-7	FILA 3	37	11	1	7	14	4
	FILA 4	65	8	1	8	26	22
	FILA 5	67	10	2	15	21	19
L-8	FILA 3	47	3	2	12	19	11
	FILA 4	67	0	0	2	37	28
	FILA 5	65	4	0	8	25	28

4ª RECOLECCIÓN 01/07/05							
LIX	FILA	Nº Frutos Total	Nº Frutos Extra	Nº Frutos 1ª	Nº Frutos 2ª	Nº Frutos 3ª	Nº Ind. Destrió
L-1	FILA 3	206	3	0	7	107	89
	FILA 4	123	8	0	14	76	25
	FILA 5	145	8	0	14	88	35
L-2	FILA 3	98	19	1	24	50	4
	FILA 4	123	18	0	27	63	15
	FILA 5	177	19	1	26	96	35
L-3	FILA 3	122	11	0	25	67	19
	FILA 4	202	20	1	31	122	28
	FILA 5	130	28	3	29	63	7
L-4	FILA 3	102	15	1	16	61	9
	FILA 4	120	15	0	25	69	11
	FILA 5	148	15	0	25	77	31
L-5	FILA 3	90	10	0	17	52	11
	FILA 4	135	33	0	13	77	12
	FILA 5	120	15	0	15	69	21
L-6	FILA 3	77	29	3	16	27	2
	FILA 4	118	22	0	23	63	10
	FILA 5	122	22	1	29	56	14
L-7	FILA 3	121	29	1	21	54	16
	FILA 4	122	17	0	20	67	18
	FILA 5	160	15	6	17	90	32
L-8	FILA 3	107	18	2	19	48	20
	FILA 4	91	8	1	10	59	13
	FILA 5	90	8	1	10	49	22

5ª RECOLECCIÓN 20/07/05							
LIX	FILA	Nº Frutos Total	Nº Frutos Extra	Nº Frutos 1ª	Nº Frutos 2ª	Nº Frutos 3ª	Nº Ind. Destrió
L-1	FILA 3	100	0	0	1	28	71
	FILA 4	91	0	0	2	51	38
	FILA 5	68	0	0	1	46	21
L-2	FILA 3	53	4	0	6	24	19
	FILA 4	81	5	1	12	39	24
	FILA 5	25	0	0	3	14	8
L-3	FILA 3	80	2	1	11	30	36
	FILA 4	87	2	0	9	22	54
	FILA 5	89	1	0	19	26	43
L-4	FILA 3	86	3	0	14	41	28
	FILA 4	53	3	0	5	28	17
	FILA 5	97	1	1	8	32	55
L-5	FILA 3	70	1	0	7	25	37
	FILA 4	75	2	0	7	29	37
	FILA 5	116	3	1	13	21	78
L-6	FILA 3	74	3	2	9	19	41
	FILA 4	89	6	0	9	34	40
	FILA 5	73	3	2	11	16	41
L-7	FILA 3	58	2	2	12	16	26
	FILA 4	79	0	1	5	22	51
	FILA 5	128	11	0	12	52	53
L-8	FILA 3	82	0	0	5	33	44
	FILA 4	81	2	0	9	29	41
	FILA 5	89	3	0	6	41	39

9.- Producción media de pimientos. Años 2002, 2003 y 2004

2002

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	kg/m ²		Kg/m ²	
T-1	10,055		9,248	
T-2	10,574		9,865	
T-3	9,485		8,916	
MEDIA	10,038		9,343	

2003

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	Kg/m ²
T-1	14,508	12.717	11,987	10.101
T-2	10,690	8.949	10,256	7.857
T-3	7,883	6.506	7,066	5.726
MEDIA	11,029	9.391	9,767	7.895

2004

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	kg/m ²
T-1	53,276	7,958	41,117	6,799
T-2	50,406	8,126	41,517	7,234
T-3	50,071	8,74	37,775	7,111
MEDIA	51,251	8,275	40,136	7,048

MEDIA DE TRES AÑOS CALIFORNIA 2002, 2003, 2004

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	kg/m ²
T-1	33,07	10,24	25,97	8,72
T-2	30,85	9,22	25,80	8,80
T-3	28,98	8,24	22,42	7,25
MEDIA	30,97	9,29	24,73	8,26

10.- Producción de pimientos. Año 2005

RECOLECCIÓN AÑO 2006

		05/05/06		02/06/06		06/07/06		04/08/06	
		Nº	kg	Nº	kg	Nº	kg	Nº	kg
L-1 T-E	A	12	2,653	129	29,176	26	5,656	0	0
	B	30	5,17	165	29,942	83	15,474	0	0
	C	178	22,438	135	18,295	212	26,682	223	20,994
	D	16	1,842	54	6,901	22	1,588	182	11,407
L-2 T-I	A	30	6,913	170	39,467	50	10,872	0	0
	B	51	9,092	132	23,658	125	22,029	1	0,189
	C	204	26,837	173	22,499	242	31,908	199	20,757
	D	14	1,647	15	1,678	18	1,319	63	4,248
L-3 T-C	A	15	3,44	97	22,397	50	11,336	0	0
	B	47	8,378	111	19,96	93	16,298	0	0
	C	162	20,312	131	17,072	162	20,93	154	16,351
	D	16	1,73	11	0,685	14	0,982	49	3,142
L-4 T-I	A	14	3,318	167	38,149	44	9,587	0	0
	B	46	8,102	171	30,866	100	17,514	1	0,174
	C	138	17,575	187	24,158	165	20,689	248	27,667
	D	21	2,127	14	1,453	14	0,778	73	4,7
L-5 T-E	A	43	9,823	184	43,009	68	15,482	0	0
	B	44	7,767	149	26,855	103	18,369	2	0,36
	C	139	18,054	147	19,59	203	24,861	216	23,929
	D	17	1,748	59	7,704	18	1,044	110	9,057
L-6 T-I	A	26	6,053	150	34,455	92	20,413	1	0,213
	B	54	9,608	160	29,034	114	20,479	16	2,793
	C	114	15,087	139	18,651	174	22,091	309	34,233
	D	16	2,027	37	4,435	17	1,069	37	2,41
L-7 T-C	A	22	4,828	127	28,793	36	8,172	0	0
	B	36	6,324	139	24,668	87	15,371	8	1,554
	C	145	18,032	185	23,708	220	26,407	248	28,571
	D	13	1,821	67	7,111	39	2,413	66	3,842
L-8 T-C	A	21	4,892	59	13,17	16	3,332	1	0,209
	B	32	5,554	110	19,447	67	11,59	17	3,044
	C	139	17,769	258	31,991	183	22,454	269	31,44
	D	41	4,422	167	14,994	35	2,069	38	2,665
PRODUCCIÓN COMERCIAL		1742	258,019	3575	629,01	2715	417,996	1913	212,478
PRODUCCIÓN TOTAL		1896	275,383	3999	673,971	2892	429,258	2531	253,949

RESUMEN DE LA PRODUCCIÓN DE PIMIENTO POR TRATAMIENTO AÑO 2005

T-E	479	69,495	1022	181,472	735	109,156	733	65,747
T-I	728	108,386	1515	268,503	1155	178,748	948	97,384
T-C	689	97,502	1462	223,996	1002	141,354	850	90,818
TOTAL	1896	275,383	3999	673,971	2892	429,258	2531	253,949

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	kg/m ²
T-E	63,44	9,93	53,22	8,97
T-I	61,90	10,16	57,07	9,72
T-C	57,02	8,61	49,10	7,89
MEDIA	60,79	9,57	53,13	8,86

Nota: Se incorporan aquí los datos de una quinta recolección, el 20/07/2005, cuyo detalle individual se ha perdido; pero no los kilos totalizados en la anualidad.

TRATAMIENTOS	CLASIFICACIÓN				TOTAL
	> 200 gr	200-160 gr	160-80 gr	< 80g y Destrió	
T-1	2260,66	2220,87	3735,96	882,28	9099,78
T-2	2413,67	2472,05	4019,25	397,30	9302,29
T-3	1432,60	1883,01	3917,90	653,50	7887,03
MEDIA	2035,64	2191,98	3891,04	644,36	8763,03

A= >200 g, frutos extra; B=200-160 g, frutos 1ª; C= 160-80 g, frutos 2ª; D= < 80g y destrío

NOTA.- Todo esta referido a una parcela central de 7,80 metros de largo y 3 metros de ancho, por tanto a 23,4 metros cuadrados, lo que equivale a unas 50 plantas.

NOTA.- Las repeticiones para los cultivos Integrado y Convencional son de 3 parcelas cada uno, mientras que para el cultivo Ecológico es de 2 parcelas.

11.- Producción de pimientos por categorías (kg). Año 2005

PRODUCCIÓN MEDIA POR CATEGORÍAS

Se han definido las siguientes categorías:

Extra: para pimientos perfectos con peso > 210 gr

Primera: para pimientos con peso entre 209 y 150 gr

Segunda: para pimientos con peso entre 149 y 110 gr

Tercera: para pimientos con peso entre 109 y 85 gr

Industria: para pimientos con algún defecto, que no llegue a ser Tría por la presencia de enfermedades, roturas, etc.

Extra

	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
TRAT	140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE	3420,70	919,60	494,81	301,83	411,49	395,11	137,39
TI	3558,84	1681,18	1464,81	929,51	440,74	587,92	125,69
TC	3249,40	1230,31	712,07	713,59	497,70	752,20	403,27

Primera

	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
TRAT	140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE	3420,70	4340,30	4835,11	5136,94	5548,43	5943,54	6080,93
TI	3558,84	5240,03	6704,83	7634,34	8075,09	8663,01	8788,69
TC	3249,40	4479,71	5191,78	5905,36	6403,06	7155,27	7558,53

Segunda

	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
TRAT	140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE	40,31	27,00	80,61	84,14	427,25	740,24	492,73
TI	30,60	55,17	82,76	87,51	212,58	809,78	541,91
TC	71,96	52,51	65,40	51,04	82,99	517,85	464,54

Tercera

	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
TRAT	140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE	40,31	67,31	147,92	232,07	659,32	1399,55	1892,28
TI	30,60	85,77	168,54	256,05	468,63	1278,41	1820,32
TC	71,96	124,46	189,86	240,90	323,89	841,74	1306,28

Industria

	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
TRAT	140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE	151,39	50,35	24,94	8,35	95,78	168,27	324,19
TI	176,23	12,28	16,58	12,57	34,38	140,03	373,84
TC	98,91	10,99	14,76	7,99	5,72	48,66	240,78

PRODUCCIÓN ACUMULADA MEDIA POR CATEGORÍAS

Producción acumulada de calidad Extra y I (g/m²)

TRAT	140 DDT		167 DDT		182 DDT		196 DDT		209 DDT		223 DDT		237 DDT	
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES
TE	3421	347,6	4340	410,6	4835 a	419,2	5137 a	505,2	5548 a	514,9	5944 a	449,0	6081 a	404,6
TI	3559	283,8	5240	335,2	6705 b	342,2	7634 b	412,5	8075 b	420,4	8663 b	366,7	8789 c	330,3
TC	3249	283,8	4480	335,2	5192 a	342,2	5905 a	412,5	6403 a	420,4	7155 a	366,7	7558 b	330,3
NS	n.s.		n.s.		*** (Tukey)		*** (Tukey)		*** (Tukey)		*** (Tukey)		*** (Tukey)	

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; ***, altamente significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral; T-C, parcela convencional

Producción acumulada de calidad II y III (g/m²)

TRAT	140 DDT		167 DDT		182 DDT		196 DDT		209 DDT		223 DDT		237 DDT	
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES
TE	41	17,4	67	24,8	148	34,8	232	39,1	659 a	61,6	1399 a	88,7	1892 a	150,9
TI	30	14,2	86	20,2	169	28,4	256	31,9	469 ab	50,3	1278 a	72,4	1820 a	123,2
TC	72	14,2	125	20,2	190	28,4	241	31,9	324 b	50,3	842 b	72,4	1306 b	123,2
NS	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		*** (Tukey)		*** (Tukey)		*** (Tukey)	

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; ***, altamente significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral; T-C, parcela convencional

Producción acumulada destinada a Industria (g/m²)

TRAT	140 DDT		167 DDT		182 DDT		196 DDT		209 DDT		223 DDT		237 DDT	
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES
TE	151	38,4	202	41,4	227	39,6	235	40,3	331 a	40,2	499 a	45,8	823 a	101,5
TI	176	31,4	188	33,8	205	32,4	218	32,9	252 ab	32,8	392 a	37,4	766 a	82,9
TC	99	31,4	110	33,8	124	32,4	132	32,9	138 b	32,8	187 b	37,4	428 b	82,9
NS	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		*** (Tukey)		*** (Tukey)		*** (Tukey)	

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; ***, altamente significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral; T-C, parcela convencional

Producción acumulada de desvío (g/m²)

TRAT	140 DDT		167 DDT		182 DDT		196 DDT		209 DDT		223 DDT		237 DDT	
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES
TE	6	11,2	38	17,1	62	21,7	86	24,0	131	27,8	139	38,9	163 a	64,2
TI	14	9,1	38	14,0	77	17,7	82	19,6	140	22,6	260	31,8	395 b	52,4
TC	3	9,1	27	14,0	58	17,7	78	19,6	113	22,6	179	31,8	295 ab	52,4
NS	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		*** (Tukey)	

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; ***, altamente significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral; T-C, parcela convencional

Producción acumulada comercializable total (kg/m²)

TRAT	140 DDT		167 DDT		182 DDT		196 DDT		209 DDT		223 DDT		237 DDT	
	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES	M	ES
TE	3,61	0,37	4,61	0,43	5,21 a	0,42	5,60 a	0,52	6,54 a	0,56	7,84 a	0,5	8,80 a	0,53
TI	3,76	0,30	5,51	0,35	7,08 b	0,35	8,11 b	0,43	8,79 b	0,46	10,33b	0,43	11,37 b	0,43
TC	3,42	0,30	4,71	0,35	5,51 a	0,35	6,28 a	0,43	6,86 a	0,46	8,18 a	0,43	9,29 a	0,43
NS	n.s.		n.s.		*** (Tukey)		*** (Tukey)		*** (Tukey)		*** (Tukey)		*** (Tukey)	

N.S., nivel de significación; n.s., no significativo; ***, altamente significativo; M, media; ES, Error estándar; T-E, parcela ecológica; T-I, parcela integral; T-C, parcela convencional

12.- Producción de pimientos por categorías (nº). Año 2005

PRODUCCIÓN MEDIA POR CATEGORÍAS

Se han definido las categorías descritas

	Extra (Nº de Frutos Medio por m ²)						
	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
TRAT	140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE	12,09	3,52	2,26	1,55	2,25	2,26	0,84
TI	12,89	6,07	6,38	4,43	2,30	3,35	0,76
TC	12,31	4,86	3,05	3,09	2,45	4,02	2,25

	Primera (Nº de Frutos Medio por m ²)						
	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
TRAT	140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE	12,09	15,61	17,86	19,41	21,66	23,92	24,76
TI	12,89	18,95	25,33	29,77	32,07	35,42	36,17
TC	12,31	17,17	20,21	23,30	25,75	29,78	32,02

Nº DE FRUTOS EXTRA Y PRIMERA POR M² Y RECOLECCIONES. AÑO 2005

TRAT	LIX	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
		140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE	L1	9	4	3	2	3	0	0
TE	L1	16	4	3	3	1	0	0
TE	L1	8	7	4	2	3	1	0
TI	L2	11	7	7	4	2	3	0
TI	L2	17	4	7	6	4	3	0
TI	L2	16	10	6	7	2	3	0
TC	L3	13	8	2	4	5	3	1
TC	L3	13	6	4	5	2	3	0
TC	L3	18	4	5	5	3	3	0
TI	L4	12	7	5	2	2	4	1
TI	L4	9	4	8	5	2	4	1
TI	L4	11	5	7	5	1	3	1
TE	L5	14	1	0	0	4	5	2
TE	L5	10	4	1	0	1	4	1
TE	L5	15	2	2	2	2	3	2
TI	L6	14	8	4	4	2	4	1
TI	L6	17	4	3	2	2	5	1
TI	L6	10	5	10	4	3	2	0
TC	L7	13	3	3	2	1	5	6
TC	L7	17	4	2	1	2	5	3
TC	L7	12	6	4	3	1	3	3
TC	L8	7	7	2	1	2	7	3
TC	L8	9	3	0	4	3	5	2
TC	L8	9	3	5	2	1	3	3

Segunda (Nº de Frutos Medio por m²)

	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
TRAT	140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE	0,30	0,19	0,64	0,70	3,66	6,04	4,46
TI	0,23	0,43	0,65	0,73	1,77	6,66	4,94
TC	0,56	0,42	0,53	0,39	0,68	4,24	4,02

Tercera (Nº de Frutos Medio por m²)

	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
TRAT	140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE	0,30	0,49	1,14	1,84	5,50	11,54	16,00
TI	0,23	0,67	1,32	2,05	3,81	10,47	15,41
TC	0,56	0,98	1,51	1,90	2,57	6,81	10,82

Nº DE FRUTOS SEGUNDA Y TERCERA POR M² Y RECOLECCIONES. AÑO 2005

		DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
TRAT	LIX	140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE	L1	0	0	0	1	4	3	1
TE	L1	0	0	1	1	5	4	3
TE	L1	0	0	1	2	4	3	3
TI	L2	0	1	0	1	1	7	2
TI	L2	1	0	0	1	2	7	3
TI	L2	0	1	1	1	3	7	3
TC	L3	0	0	0	0	1	6	4
TC	L3	0	1	0	0	1	4	4
TC	L3	1	1	0	1	1	4	6
TI	L4	0	1	0	0	2	8	5
TI	L4	0	1	1	0	1	5	8
TI	L4	0	0	1	1	1	7	5
TE	L5	0	0	0	0	1	10	9
TE	L5	0	0	1	0	3	6	5
TE	L5	0	0	1	1	3	10	6
TI	L6	0	0	1	0	2	7	7
TI	L6	1	0	0	1	3	7	5
TI	L6	0	0	1	1	2	6	6
TC	L7	1	0	0	0	1	4	4
TC	L7	1	1	0	0	1	6	3
TC	L7	0	1	1	1	1	4	6
TC	L8	0	0	1	0	0	4	3
TC	L8	0	0	0	1	0	2	2
TC	L8	1	0	2	0	0	3	6

		Industria (Nº de Frutos Medio por m ²)						
		DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	
TRAT		140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE		0,72	0,47	0,25	0,15	1,53	2,62	5,70
TI		0,76	0,20	0,19	0,23	0,52	2,11	6,45
TC		0,44	0,15	0,13	0,15	0,12	0,75	4,05

Nº DE FRUTOS INDUSTRIA POR M² Y RECOLECCIONES. AÑO 2005

		DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
TRAT	LIX	140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE	L1	0,74	0,00	0,30	0,15	2,96	1,33	4,30
TE	L1	0,28	0,70	0,00	0,00	2,38	2,94	7,42
TE	L1	0,16	0,00	0,63	0,32	1,73	3,47	10,24
TI	L2	0,74	0,30	0,00	0,00	0,59	3,26	8,15
TI	L2	0,89	0,15	0,15	0,30	0,44	1,93	10,08
TI	L2	0,63	0,63	0,00	0,16	2,21	1,26	8,35
TC	L3	0,79	0,16	0,16	0,16	0,32	1,42	9,77
TC	L3	0,44	0,00	0,00	0,44	0,15	1,33	5,78
TC	L3	0,95	0,32	0,16	0,32	0,00	1,10	11,81
TI	L4	0,59	0,30	0,15	0,15	0,00	1,78	6,82
TI	L4	0,89	0,15	0,15	0,15	0,15	1,04	6,97
TI	L4	0,15	0,00	0,15	0,74	0,59	0,74	5,48
TE	L5	0,95	1,10	0,16	0,00	0,63	2,52	3,62
TE	L5	0,89	0,89	0,00	0,15	0,74	1,48	2,67
TE	L5	1,33	0,15	0,44	0,30	0,74	4,00	5,93
TI	L6	0,59	0,15	0,15	0,15	0,15	2,22	2,96
TI	L6	1,93	0,00	0,15	0,15	0,44	3,41	5,48
TI	L6	0,42	0,14	0,84	0,28	0,14	3,36	3,78
TC	L7	0,74	0,00	0,00	0,15	0,30	0,15	2,67
TC	L7	0,89	0,44	0,00	0,30	0,15	0,74	1,19
TC	L7	0,00	0,30	0,44	0,00	0,15	0,74	1,93
TC	L8	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,30	1,33
TC	L8	0,15	0,15	0,15	0,00	0,00	0,30	1,33
TC	L8	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,63	0,63

Nº DE FRUTOS TOTAL POR M² Y RECOLECCIONES. AÑO 2005

		DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
TRAT	LIX	140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE	L1	10,08	4,15	3,26	3,11	10,23	4,15	5,63
TE	L1	16,66	4,76	4,06	3,50	9,10	7,70	9,94
TE	L1	8,35	6,77	5,36	3,94	8,66	8,35	13,55
TI	L2	11,71	7,86	6,97	5,04	3,85	13,34	10,23
TI	L2	18,23	4,45	6,97	7,86	6,08	11,27	12,90
TI	L2	16,70	11,81	6,77	8,35	7,09	10,71	11,81
TC	L3	13,86	8,19	2,21	4,88	6,77	10,55	14,02
TC	L3	14,08	6,23	4,45	6,08	3,26	8,60	10,08
TC	L3	19,53	5,36	5,83	6,46	4,10	8,19	17,48
TI	L4	12,60	8,45	5,48	2,37	4,00	13,79	13,04
TI	L4	10,52	4,74	9,19	5,04	3,26	10,08	16,01

Nº de Frutos Total por m² y Recolecciones. Año 2005

		DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
TRAT	LIX	140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TI	L4	10,82	5,04	8,45	6,97	2,96	10,08	11,41
TE	L5	14,96	1,73	0,63	0,16	5,51	17,33	14,18
TE	L5	11,56	4,74	2,08	1,04	5,19	10,97	8,75
TE	L5	17,05	2,96	3,56	2,67	5,93	17,05	13,93
TI	L6	14,82	8,75	5,63	4,30	4,45	12,90	11,12
TI	L6	19,27	4,45	3,11	3,26	5,04	15,42	12,45
TI	L6	10,22	4,76	12,46	5,32	4,62	11,48	10,36
TC	L7	14,82	2,67	2,82	2,22	2,52	9,04	12,90
TC	L7	18,53	5,48	1,78	1,63	2,52	12,01	6,52
TC	L7	12,01	7,26	5,78	3,71	2,22	7,71	10,97
TC	L8	7,71	6,97	2,82	0,74	2,67	11,27	6,52
TC	L8	9,19	3,56	0,59	5,04	3,56	7,71	5,34
TC	L8	10,08	3,15	7,09	1,89	1,58	5,99	8,98

NÚMERO DE FRUTOS POR M² SEGÚN TRATAMIENTO Y LOS FRUTOS POR CATEGORÍA. AÑO 2005

		DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
TRAT		140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE		13,11	4,19	3,16	2,40	7,44	10,92	11,00
TI		13,88	6,70	7,23	5,39	4,59	12,12	12,15
TC		13,31	5,43	3,71	3,63	3,24	9,01	10,31

Extra y Primera

		DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
TRAT		140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE		12,09	3,52	2,26	1,55	2,25	2,26	0,84
TI		12,89	6,07	6,38	4,43	2,30	3,35	0,76
TC		12,31	4,86	3,05	3,09	2,45	4,02	2,25

Segunda y Tercera

		DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
TRAT		140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE		0,30	0,19	0,64	0,70	3,66	6,04	4,46
TI		0,23	0,43	0,65	0,73	1,77	6,66	4,94
TC		0,56	0,42	0,53	0,39	0,68	4,24	4,02

Industria

		DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
TRAT		140,00	167,00	182,00	196,00	209,00	223,00	237,00
TE		0,72	0,47	0,25	0,15	1,53	2,62	5,70
TI		0,76	0,20	0,19	0,23	0,52	2,11	6,45
TC		0,44	0,15	0,13	0,15	0,12	0,75	4,05

13.- Producción de pimientos. Año 2004, 2005 y 2006

LIXIMETRO	Producción en g/m ² por lixímetro					
	2004		2005		2006	
	Comerciable	Tría	Comerciable	Tría	Comerciable	Tría
L1	6777	1525	8235	1014	8537	234
L2	7832	810	9996	415	12190	643
L3	10729	2925	7302	305	11025	238
L4	7788	1092	9230	423	10655	275
L5	7649	1236	9711	912	9056	92
L6	7965	1139	9944	464	11280	267
L7	6942	1191	8699	709	9547	373
L8	5563	1279	7694	1127	7306	274

MEDIA DE TRES AÑOS

LIXIMETRO	Producción en g/m ² por lixímetro	
	Comerciable	Tría
L1	7850	924
L2	10006	623
L3	9685	1156
L4	9224	597
L5	8805	747
L6	9730	623
L7	8396	758
L8	6854	893

LIXIMETRO	Comerciable	Tría
T-E	8328	836
T-I	9653	614
T-C	8312	936

AÑO 2004

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	kg/m ²
T-1	53,276	7,958	41,117	6,799
T-2	50,406	8,126	41,517	7,234
T-3	50,071	8,740	37,775	7,111
MEDIA	51,251	8,275	40,136	7,048

AÑO 2005

CULTIVOS	PRODUCCIÓN TOTAL		PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²	Nºfrutos/m ²	kg/m ²
Ecológico	63,44	9,93	53,23	8,97
Integrado	61,91	10,16	57,08	9,72
Convencional	57,02	8,61	49,10	7,89
MEDIA	60,79	9,57	53,14	8,86

AÑO 2006

CULTIVOS	PRODUCCIÓN COMERCIAL	
	Nºfrutos/m ²	kg/m ²
Ecológico	52,21	9,75
Integrado	62,05	9,63
MEDIA	57,13	9,69

NOTA.- Todo esta referido a una parcela central de 7,80 metros de largo y 3 metros de ancho, por tanto a 23,4 metros cuadrados, lo que equivale a unas 50 plantas.
NOTA.- Las repeticiones para los cultivos Integrado y Convencional son de 3 parcelas cada uno, mientras que para el cultivo Ecológico es de 2 parcelas.

14.- Producción de pimientos. Año 2006

		1ª RECOLECCIÓN 17/04/07					
LIX	CAT	> 210 g EXTRA	209 - 150 g I	149 - 110 g II	109 - 85 g III	Industria (<85g)	Tria
L1	nº pimientos	16	8	2	3	0	
F1	PRODUCCION	4085	1453	255	223	0	0
L1	nº pimientos	16	10	3	4	0	1
F2	PRODUCCION	4005	1730	395	398	0	79
L1	nº pimientos	18	6	5	0	0	1
F3	PRODUCCION	4755	1140	660	0	0	121
L2	nº pimientos	20	8	2	0	0	0
F1	PRODUCCION	4965	1565	277	0	0	0
L2	nº pimientos	20	11	0	0	0	0
F2	PRODUCCION	5145	2155	0	0	0	0
L2	nº pimientos	19	7	3	0	0	0
F3	PRODUCCION	4820	1305	430	0	0	0
L3	nº pimientos	17	5	3	0	0	0
F1	PRODUCCION	4515	910	365	0	0	0
L3	nº pimientos	24	5	2	0	0	0
F2	PRODUCCION	5935	880	245	0	0	0
L3	nº pimientos	23	3	1	0	0	0
F3	PRODUCCION	6205	375	110	0	0	0
L4	nº pimientos	22	8	0	0	0	0
F1	PRODUCCION	5575	1505	0	0	0	0
L4	nº pimientos	29	1	0	0	0	0
F2	PRODUCCION	8050	190	0	0	0	0
L4	nº pimientos	19	12	0	1	0	
F3	PRODUCCION	4820	2250	0	107	0	0
L5	nº pimientos	17	13	1	1	0	0
F1	PRODUCCION	4525	2473	130	90	0	0
L5	nº pimientos	21	0	1	2	0	0
F2	PRODUCCION	5400	0	173	173	0	0
L5	nº pimientos	23	8	2	2	0	0
F3	PRODUCCION	6500	1525	250	190	0	0
L6	nº pimientos	23	5	1	0	0	0
F1	PRODUCCION	6230	945	137	0	0	0
L6	nº pimientos	23	8	0	0	0	0
F2	PRODUCCION	5400	1460	0	0	0	0
L6	nº pimientos	14	5	0	0	0	0
F3	PRODUCCION	3740	960	0	0	0	0
L7	nº pimientos	16	9	4	0	0	0
F1	PRODUCCION	3895	1655	535	0	0	0
L7	nº pimientos	20	8	1	0	1	0
F2	PRODUCCION	5120	1390	117	0	81	0
L7	nº pimientos	19	8	3	0	1	0
F3	PRODUCCION	4650	1415	435	0	82	0
L8	nº pimientos	6	16	6	2	0	0
F1	PRODUCCION	1480	3350	835	200	0	0
L8	nº pimientos	11	13	4	0	0	1
F2	PRODUCCION	2715	2405	555	0	0	82
L8	nº pimientos	7	9	5	3	7	0
F3	PRODUCCION	1615	1580	680	286	410	0

L. Lixímetros; F: Filas

		2ª RECOLECCIÓN 02/05/07					
LIX	CAT	> 210 g EXTRA	209 - 150 g I	149 - 110 g II	109 - 85 g III	Industria (<85g)	Tria
L1	nº pimientos	29	4	1	0	0	0
F1	PRODUCCION	8135	755	133	0	0	0
L1	nº pimientos	21	5	0	0	0	0
F2	PRODUCCION	5285	985	0	0	0	0
L1	nº pimientos	15	1	0	0	0	0
F3	PRODUCCION	4055	201	0	0	0	0
L2	nº pimientos	22	2	0	0	0	0
F1	PRODUCCION	6370	414	0	0	0	0
L2	nº pimientos	29	0	0	0	0	0
F2	PRODUCCION	8785	0	0	0	0	0
L2	nº pimientos	26	1	1	0	0	0
F3	PRODUCCION	7395	199	122	0	0	0
L3	nº pimientos	21	0	0	0	0	0
F1	PRODUCCION	5985	0	0	0	0	0
L3	nº pimientos	18	1	0	0	0	2
F2	PRODUCCION	5195	168	0	0	0	422
L3	nº pimientos	22	1	0	0	0	0
F3	PRODUCCION	6475	197	0	0	0	0
L4	nº pimientos	20	0	0	0	0	0
F1	PRODUCCION	6155	0	0	0	0	0
L4	nº pimientos	23	1	0	0	0	0
F2	PRODUCCION	6920	165	0	0	0	0
L4	nº pimientos	20	1	0	0	1	0
F3	PRODUCCION	5735	207	0	0	53	0
L5	nº pimientos	24	0	0	1	0	0
F1	PRODUCCION	6715	0	0	100	0	0
L5	nº pimientos	20	0	0	0	0	0
F2	PRODUCCION	6195	0	0	0	0	0
L5	nº pimientos	24	3	0	0	0	0
F3	PRODUCCION	7470	510	0	0	0	0
L6	nº pimientos	19	1	0	1	0	0
F1	PRODUCCION	5200	209	0	101	0	0
L6	nº pimientos	18	0	0	0	0	0
F2	PRODUCCION	5275	0	0	0	0	0
L6	nº pimientos	19	1	1	0	0	0
F3	PRODUCCION	5790	205	145	0	0	0
L7	nº pimientos	13	1	0	0	0	0
F1	PRODUCCION	3670	190	0	0	0	0
L7	nº pimientos	14	2	0	0	0	0
F2	PRODUCCION	3825	365	0	0	0	0
L7	nº pimientos	20	2	1	0	0	0
F3	PRODUCCION	5505	403	143	0	0	0
L8	nº pimientos	10	1	1	0	0	1
F1	PRODUCCION	3620	181	113	0	0	208
L8	nº pimientos	20	4	0	0	0	0
F2	PRODUCCION	5360	760	0	0	0	0
L8	nº pimientos	9	3	2	0	1	0
F3	PRODUCCION	2325	586	251	0	79	0

		3ª RECOLECCIÓN 16/05/07					
LIX	CAT	> 210 g EXTRA	209 - 150 g I	149 - 110 g II	109 - 85 g III	Industria (<85g)	Tria
L1	nº pimientos	14	0	0	0	0	0
F1	PRODUCCION	4090	0	0	0	0	0
L1	nº pimientos	11	1	0	0	0	0
F2	PRODUCCION	3145	190	0	0	0	0
L1	nº pimientos	16	0	0	0	0	0
F3	PRODUCCION	4945	0	0	0	0	0
L2	nº pimientos	13	0	0	0	0	0
F1	PRODUCCION	3770	0	0	0	0	0
L2	nº pimientos	15	0	0	0	0	0
F2	PRODUCCION	4245	0	0	0	0	0
L2	nº pimientos	18	0	0	0	0	0
F3	PRODUCCION	5605	0	0	0	0	0
L3	nº pimientos	18	0	0	0	0	0
F1	PRODUCCION	5435	0	0	0	0	0
L3	nº pimientos	18	0	0	0	0	0
F2	PRODUCCION	5730	0	0	0	0	0
L3	nº pimientos	12	0	0	0	0	1
F3	PRODUCCION	3625	0	0	0	0	93
L4	nº pimientos	17	0	0	0	0	0
F1	PRODUCCION	5370	0	0	0	0	0
L4	nº pimientos	17	0	0	0	0	0
F2	PRODUCCION	5355	0	0	0	0	0
L4	nº pimientos	19	0	0	0	0	0
F3	PRODUCCION	5820	0	0	0	0	0
L5	nº pimientos	27	0	1	0	0	0
F1	PRODUCCION	8210	0	130	0	0	0
L5	nº pimientos	16	0	0	0	0	0
F2	PRODUCCION	6975	0	0	0	0	0
L5	nº pimientos	16	0	0	0	0	0
F3	PRODUCCION	5035	0	0	0	0	0
L6	nº pimientos	21	0	0	0	0	0
F1	PRODUCCION	5800	0	0	0	0	0
L6	nº pimientos	20	0	0	0	0	0
F2	PRODUCCION	5975	0	0	0	0	0
L6	nº pimientos	19	0	0	0	0	0
F3	PRODUCCION	5825	0	0	0	0	0
L7	nº pimientos	16	1	0	0	0	0
F1	PRODUCCION	4425	185	0	0	0	0
L7	nº pimientos	16	2	3	0	0	0
F2	PRODUCCION	4400	380	320	0	0	0
L7	nº pimientos	12	0	0	0	0	0
F3	PRODUCCION	3505	0	0	0	0	0
L8	nº pimientos	8	0	0	0	0	0
F1	PRODUCCION	2100	0	0	0	0	0
L8	nº pimientos	10	0	0	0	0	1
F2	PRODUCCION	2640	0	0	0	0	95
L8	nº pimientos	10	3	1	0	0	1
F3	PRODUCCION	2880	505	145	0	0	140

		4ª RECOLECCIÓN 16/05/07					
LIX	CAT	> 210 g EXTRA	209 - 150 g I	149 - 110 g II	109 - 85 g III	Industria (<85g)	Tria
L1	nº pimientos	32	2	1	0	0	3
F1	PRODUCCION	10515	386	136	0	0	645
L1	nº pimientos	40	1	0	0	0	1
F2	PRODUCCION	11425	189	0	0	0	32
L1	nº pimientos	27	0	0	0	0	1
F3	PRODUCCION	10575	0	0	0	0	193
L2	nº pimientos	44	0	0	0	0	1
F1	PRODUCCION	13420	0	0	0	0	159
L2	nº pimientos	44	4	1	0	0	2
F2	PRODUCCION	13685	690	140	0	0	525
L2	nº pimientos	26	0	0	0	0	1
F3	PRODUCCION	8205	0	0	0	0	130
L3	nº pimientos	57	1	0	0	0	3
F1	PRODUCCION	17935	207	0	0	0	417
L3	nº pimientos	48	2	0	0	1	2
F2	PRODUCCION	14180	407	0	0	354	156
L3	nº pimientos	54	2	0	0	0	2
F3	PRODUCCION	17275	364	0	0	0	215
L4	nº pimientos	51	2	0	0	0	0
F1	PRODUCCION	16375	392	0	0	0	0
L4	nº pimientos	46	1	0	0	1	0
F2	PRODUCCION	14155	198	0	0	212	0
L4	nº pimientos	36	0	0	0	0	0
F3	PRODUCCION	9900	0	0	0	0	0
L5	nº pimientos	49	0	1	0	0	1
F1	PRODUCCION	15345	0	145	0	0	278
L5	nº pimientos	54	2	0	0	0	0
F2	PRODUCCION	16830	369	0	0	0	0
L5	nº pimientos	35	0	0	0	0	0
F3	PRODUCCION	10345	0	0	0	0	0
L6	nº pimientos	49	8	1	0	0	1
F1	PRODUCCION	13680	1520	145	0	0	235
L6	nº pimientos	50	2	1	0	0	0
F2	PRODUCCION	14450	370	130	0	0	0
L6	nº pimientos	41	2	1	0	0	0
F3	PRODUCCION	10440	410	144	0	0	0
L7	nº pimientos	43	3	0	0	1	0
F1	PRODUCCION	12245	560	0	0	45	0
L7	nº pimientos	57	9	0	0	0	5
F2	PRODUCCION	16015	1645	0	0	0	750
L7	nº pimientos	44	4	2	0	0	2
F3	PRODUCCION	12485	755	235	0	0	520
L8	nº pimientos	31	9	1	0	0	0
F1	PRODUCCION	8305	1645	145	0	0	0
L8	nº pimientos	36	9	0	0	1	0
F2	PRODUCCION	10295	1660	0	0	82	0
L8	nº pimientos	32	15	2	1	0	0
F3	PRODUCCION	8590	2655	235	94	0	0

**DATOS GLOBALES DE TODAS LAS RECOLECCIONES DEL AÑO 2006
PESO DE LOS FRUTOS POR CATEGORÍAS**

FECHA	LIX	REPET	Extra (>210g)	I (209-150g)	II (149-110g)	III (109-85g)	Ind (<85g)	Tria	TOTAL	COMERCIA
17/04/07	TE	F1	4085	1453	255	223			6016	6,016
	TE	F2	4005	1730	395	398		79	6607	6,528
	TE	F3	4755	1140	660			121	6676	6,555
	TE	F1	4965	1565	277				6807	6,807
	TE	F2	5145	2155					7300	7,3
	TE	F3	4820	1305	430				6555	6,555
	TI	F1	4515	910	365				5790	5,79
	TI	F2	5935	880	245				7060	7,06
	TI	F3	6205	375	110				6690	6,69
	TI	F1	5575	1505					7080	7,08
	TI	F2	8050	190					8240	8,24
	TI	F3	4820	2250			107		7177	7,177
	TE	F1	4525	2473	130	90			7218	7,218
	TE	F2	5400		113	173		490	6176	5,686
	TE	F3	6500	1525	250	190			8465	8,465
	TE	F1	6230	945	137				7312	7,312
	TE	F2	6160	1460	343				7963	7,963
	TE	F3	3740	960					4700	4,7
	TI	F1	3895	1655	535			55	6140	6,14
	TI	F2	5120	1390	117			81	6708	6,708
	TI	F3	4650	1415	435			82	6582	6,582
	TI	F1	1480	3350	835	200			5865	5,865
	TI	F2	2715	2405	555			82	5757	5,675
	TI	F3	1615	1580	680	286	410		4571	4,571
02/05/07	TE	F1	8135	755	133				9023	9,023
	TE	F2	5285	985				112	6382	6,27
	TE	F3	4055	201					4256	4,256
	TE	F1	6370	414					6784	6,784
	TE	F2	8785						8785	8,785
	TE	F3	7395	199	122				7716	7,716
	TI	F1	5985						5985	5,985
	TI	F2	5195	168				422	5785	5,363
	TI	F3	6475	197					6672	6,672
	TI	F1	6155						6155	6,155
	TI	F2	6920	165					7085	7,085
	TI	F3	5735	207				53	5995	5,995
	TE	F1	6715				100		6815	6,815
	TE	F2	6195						6195	6,195
	TE	F3	7470	510					7980	7,98
	TE	F1	5200	209			101		5510	5,51
	TE	F2	5275						5275	5,275
	TE	F3	5790	205	145				6140	6,14
	TI	F1	3670	190					3860	3,86
	TI	F2	3825	365					4190	4,19
	TI	F3	5505	403	143				6051	6,051
	TI	F1	3620	181	113			208	4122	3,914
	TI	F2	5360	760					6120	6,12
	TI	F3	2325	586	251			79	3241	3,241

FECHA	LIX	REPET	Extra (>210g)	I (209-150g)	II (149-110g)	III (109-85g)	Ind (<85g)	Tria	TOTAL	COMERCIA	
16/05/07	TE	F1	4090						4090	4,09	
	TE	F2	3145	190					3335	3,335	
	TE	F3	4945						4945	4,945	
	TE	F1	3770						3770	3,77	
	TE	F2	4245						4245	4,245	
	TE	F3	5605						5605	5,605	
	TI	F1	5435						5435	5,435	
	TI	F2	5730						5730	5,73	
	TI	F3	3625					93	3718	3,625	
	TI	F1	5370						5370	5,37	
	TI	F2	5355						5355	5,355	
	TI	F3	5820						5820	5,82	
	TE	F1	8210			130				8340	8,34
	TE	F2	6975					420	7395	6,975	
	TE	F3	5035						5035	5,035	
	TE	F1	5800						5800	5,8	
	TE	F2	5975						5975	5,975	
	TE	F3	5825						5825	5,825	
	TI	F1	4425	185						4610	4,61
	TI	F2	4400	380	320					5100	5,1
TI	F3	3505							3505	3,505	
TI	F1	2100							2100	2,1	
TI	F2	2640					95	2735	2,64		
TI	F3	2880	505	145			140	3670	3,53		
30/05/07	TE	F1	10515	386	136			645	11682	11,037	
	TE	F2	11425	189				32	11646	11,614	
	TE	F3	10575					193	10768	10,575	
	TE	F1	13420					159	13579	13,42	
	TE	F2	13685	690		140		525	15040	14,515	
	TE	F3	8205					130	8335	8,205	
	TI	F1	17935	207				417	18559	18,142	
	TI	F2	14180	407				354	15097	14,941	
	TI	F3	17275	364				215	17854	17,639	
	TI	F1	16375	392					16767	16,767	
	TI	F2	14155	198				212	14565	14,565	
	TI	F3	9900						9900	9,9	
	TE	F1	15345			145			278	15768	15,49
	TE	F2	16830	369					17199	17,199	
	TE	F3	10345						10345	10,345	
	TE	F1	13680	1520	145				235	15580	15,345
	TE	F2	14450	370	130				14950	14,95	
	TE	F3	10440	410	144				10994	10,994	
	TI	F1	12245	560				45	12850	12,85	
	TI	F2	16015	1645					750	18410	17,66
TI	F3	12485	755	235				520	13995	13,475	
TI	F1	8305	1645	145				10095	10,095		
TI	F2	10295	1660				82	12037	12,037		
TI	F3	8590	2655	235		94		11574	11,574		

FECHA	LIX	REPET	Extra (>210g)	I (209-150g)	II (149-110g)	III (109-85g)	Ind (<85g)	Tria	TOTAL	COMERCIA	
12/06/07	TE	F1	3210	160				755	4125	3,37	
	TE	F2	5175	560	525	61		490	6811	6,321	
	TE	F3	7360	720				810	8890	8,08	
	TE	F1	6905	560	140			480	8085	7,605	
	TE	F2	8950	202				497	9649	9,152	
	TE	F3	7050	180	110			345	7685	7,34	
	TI	F1	4190	333	133			211	4867	4,656	
	TI	F2	8445	755					9200	9,2	
	TI	F3	5995	520				1020	7535	6,515	
	TI	F1	5070	175				515	5760	5,245	
	TI	F2	9455					465	9920	9,455	
	TI	F3	12130	945				60	635	13770	13,135
	TE	F1	9575	310					790	10675	9,885
	TE	F2	3690	370	119				135	4314	4,179
	TE	F3	6435	380	241				485	7541	7,056
	TE	F1	4010	950	120	104	70		1226	6480	5,254
	TE	F2	5010	885					440	6335	5,895
	TE	F3	5230	315					445	5990	5,545
	TI	F1	11600	930				274	574	13378	12,804
	TI	F2	5135	1010	252				380	6777	6,397
TI	F3	7350				105		315	7770	7,455	
TI	F1	4855	335	245				230	5665	5,435	
TI	F2	2850	1265	370				1065	5550	4,485	
TI	F3	5180	1325	255				514	7274	6,76	
26/06/07	TE	F1	5723,64	807,86			350		6881,5	6,8815	
	TE	F2	3012,94	350				515	3877,94	3,36294	
	TE	F3	4653,02	1610			105	75	515	6958,02	6,44302
	TE	F1	3596,02	1776,65	245				985	6602,67	5,61767
	TE	F2	5790,69	1620					365	7775,69	7,41069
	TE	F3	10407,39	1525	230				430	12592,39	12,16239
	TI	F1	3151,04	565				270		3986,04	3,98604
	TI	F2	2628,5	155						2783,5	2,7835
	TI	F3	10206,43	943,41					590	11739,84	11,14984
	TI	F1	4332,76	952,41	515				305	6105,17	5,80017
	TI	F2	6478,65	410	140				130	7158,65	7,02865
	TI	F3	7784,81	805	115					8704,81	8,70481
	TE	F1	6516,28	557,59					265	7338,87	7,07387
	TE	F2	6893,86	1506,79					350	8750,65	8,40065
	TE	F3	8822,06	560					470	9852,06	9,38206
	TE	F1	4467,96	1913,07					250	6631,03	6,38103
	TE	F2	5359,42	1630	405					7394,42	7,39442
	TE	F3	6616,51	784,85	145				490	8036,36	7,54636
	TI	F1	2415,87	1225				225		3865,87	3,86587
	TI	F2	3846,23	915				495		5256,23	5,25623
TI	F3	5789,68	1557,38	465				245	8057,06	7,81206	
TI	F1	5474,35	1099	400					6973,35	6,97335	
TI	F2	4147,17	355				40		4542,17	4,54217	
TI	F3	2246,05	895	140		90	70		3441,05	3,44105	

FECHA	LIX	REPET	Extra (>210g)	I (209-150g)	II (149-110g)	III (109-85g)	Ind (<85g)	Tria	TOTAL	COMERCIA	
10/07/07	TE	F1	2100	1970				1540	5610	4,07	
	TE	F2	2830	1450	255	300		1370	6205	4,835	
	TE	F3	2410	1650	278			395	4733	4,338	
	TE	F1	2010	2121	455			80	5135	9801	4,666
	TE	F2	1200	2020	256				3030	6506	3,476
	TE	F3	4245	2315	114				940	7614	6,674
	TI	F1	3320	1815			107		870	6112	5,242
	TI	F2	4080	525					322	4927	4,605
	TI	F3	4035	570	141				850	5596	4,746
	TI	F1	2550	2386	138				1445	6519	5,074
	TI	F2	5330	362	141			84	145	6062	5,917
	TI	F3	4220	1030					247	5497	5,25
	TE	F1	2665	3055	529				307	6556	6,249
	TE	F2	3025	2860	835	188		82	223	7213	6,99
	TE	F3	2710	2515	263	102			1550	7140	5,59
	TE	F1	225	1730	395			142	475	2967	2,492
	TE	F2	1990	1235	517				1390	5132	3,742
	TE	F3	1555	3585	1690				730	7560	6,83
	TI	F1	2185	1250	433	106			485	4459	3,974
	TI	F2	2485	589	246	107			241	3668	3,427
TI	F3	2185	1230	146				156	3717	3,561	
TI	F1	4270	1745	252	298				6565	6,565	
TI	F2	4025	1270	139				132	5566	5,434	
TI	F3	3290	1575	148	91			222	5326	5,104	
24/07/07	TE	F1	235	4885	5115	2120	2735	5010	20100	15,09	
	TE	F2	475	5735	4650	1615	2060	2140	16675	14,535	
	TE	F3	670	5025	6605	2100	1070	2080	17550	15,47	
	TE	F1	450	4870	3310	975	1745	5750	17100	11,35	
	TE	F2	230	6535	5160	1295	1580	4300	19100	14,8	
	TE	F3		5995	4625	970	2025	2830	16445	13,615	
	TI	F1	1830	8945	3100	1275	1800	7230	24180	16,95	
	TI	F2	5955	10940	3710	1285	1790	3725	27405	23,68	
	TI	F3	1780	6840	2775	1420	1710	2955	17480	14,525	
	TI	F1	1495	6580	3210	1575	1965	7265	22090	14,825	
	TI	F2	3930	7190	5295	2105	2595	3900	25015	21,115	
	TI	F3	1365	7660	3255	1335	1450	5120	20185	15,065	
	TE	F1	1800	8409	4880	1410	2695	3460	22654	19,194	
	TE	F2	1610	7795	7570	3030	3100	2650	25755	23,105	
	TE	F3	695	6570	6645	1910	1650	3265	20735	17,47	
	TE	F1	650	7035	5080	1090	535	1705	16095	14,39	
	TE	F2	1425	11120	4365	1515	495	3315	22235	18,92	
	TE	F3	215	6510	4375	1715	1365	3205	17385	14,18	
	TI	F1	5215	13460	5350	1675	1500	980	28180	27,2	
	TI	F2	4760	14685	5130	1550	1350	1795	29270	27,475	
	TI	F3	2770	9230	5140	1990	560	4065	23755	19,69	
	TI	F1	5335	11810	3180	1660	915	3050	25950	22,9	
	TI	F2	5790	10740	3610	1310	1105	3570	26125	22,555	
	TI	F3	6770	11860	4835	1480	1235	1550	27730	26,18	

RESUMEN DE TODAS LAS CATEGORÍAS

	EXTRA Y I	II Y III	INDUSTRIA	DESTRIO	TOTAL g/m ²
TE	8154	1320	276	892	10642
TI	8934	997	268	772	10971

Datos referidos a g/m² de producción para cada tratamiento.

	EXTRA Y I	II Y III	INDUSTRIA	DESTRIO	TOTAL nº frutos/m ²
TE	76,62	12,40	2,59	8,38	99,99
TI	81,43	9,09	2,44	7,04	100

Datos referidos a número de frutos por m² para cada tratamiento.

anexo XI El Espectrofotómetro y su calibrado

Fundamentos

Para la determinación de nitratos en los lixiviados se empleó un espectrofotómetro, con el que una vez calibrado se han ido calculando las cantidades de nitratos lixiviadas.

La radiación electromagnética es una forma de energía radiante. Un haz de energía radiante está formado por diferentes longitudes de onda y frecuencia que abarcan el espectro electromagnético.

La luz visible para el ojo humano es la energía radiante en la región que abarca de 380 nm a 750 nm, la radiación ultravioleta abarca el intervalo espectral desde 10 a 380 nm y la radiación infrarroja abarca el intervalo de 750 a 30000 nm.

Una sustancia absorbe luz sólo cuando la energía de dicha luz corresponde a la energía necesaria para ocasionar algún cambio en la molécula química (excitación). Es decir cuando una radiación electromagnética pasa a través de un compuesto químico éste puede absorber una parte de la radiación cuya energía corresponda exactamente a la diferencia de energía entre los estados basal y excitado de las moléculas del compuesto; esto debe ocurrir a una frecuencia determinada que corresponde a algún nivel energético antes mencionado.

Los cambios en una molécula ocasionados por absorción de luz pueden ser electrónicos (cambio en la energía de los electrones distribuidos alrededor de los átomos de la molécula), vibracionales (cambios en la separación promedio de los núcleos de dos o más átomos) y rotacionales (rotación de un dipolo químico). Las transiciones electrónicas son ocasionadas por absorción de luz visible y ultravioleta, mientras que los cambios rotacionales y vibracionales por absorción de radiación infrarroja o de longitud de onda mayor.

Cuando se irradia una muestra de solución con luz policromática (luz de varios colores, es decir, de muchas longitudes de onda) se absorberá la luz de determinadas longitudes, mientras que la luz de otras longitudes pasará a través de la solución. Como parte de la radiación a una frecuencia determinada se absorbe, su intensidad disminuye, ésta propiedad se aprovecha para la identificación o cuantificación de los compuestos químicos en la solución.

La emisión es el fenómeno inverso a la absorción, en donde el átomo, ión o molécula pasa de un estado basal al excitado por medio de energía diferente a la radiante como arcos eléctricos, flamas, bombardeos electrónicos, etc., y vuelve a sus estados basales o a un nivel menor de energía emitiendo fotones de energías características. La intensidad de la radiación emitida depende del número de especies capaces de emitir fotones.

Los métodos de análisis basados en los principios de la absorción antes mencionados se conocen como métodos colorimétricos y espectrofotométricos, en ellos se considera que la cantidad de energía absorbida es proporcional a la cantidad de material que realiza la absorción.

La colorimetría se basa en la comparación de una solución colorida de concentración desconocida con una o más soluciones coloridas de concentración conocida.

En cambio en los métodos fotométricos, se mide la relación de poder de radiación de los rayos de luz incidente y luz transmitida u otro tipo de energía radiante por el material que realiza la absorción, empleando como detector una fotocelda. Cuando esta relación se mide a una longitud de onda determinada el método analítico se llama espectrofotométrico.

En los métodos espectrofotométricos de análisis es muy útil saber que longitudes de onda de la energía radiante se absorben con mayor fuerza. Esto se hace irradiando la solución de la muestra con un rayo de una sola longitud de onda y midiendo la cantidad de absorción, se cambia la longitud de onda del rayo y se mide nuevamente la absorción, y así sucesivamente hasta obtener un barrido completo.

Al graficar la Absorbancia o Transmitancia en función de la longitud de onda se obtiene el espectro de absorción de la especie analizada. El instrumento que se emplea para obtener dicha información se denomina **espectrofotómetro**.

Funcionamiento

El funcionamiento del espectrofotómetro es el que sigue: la luz de una fuente continua pasa a través de un monocromador, que selecciona una banda estrecha de longitudes de onda del haz incidente. Esta luz “monocromática” atraviesa una muestra de espesor “b”, y se mide la potencia radiante de la luz que sale. Es necesario calibrar el espectrofotómetro con un blanco antes de medir las absorbancias de la disolución problema. Esta celda o cubeta de referencia sirve para compensar los efectos de reflexión, dispersión o absorción de luz de la celda con el disolvente.

La función de cada parte del aparato es la siguiente:

- **Indicador digital.** El indicador digital despliega el número de longitud de onda y los datos leídos. Los cuatro focos indicadores a un lado de las etiquetas Transmitancia, Absorbancia, Concentración y Factor indican el modo actualmente activo.

- **Control de longitud de Onda.** El control de longitud de onda selecciona la longitud de onda analítica deseada del instrumento. La longitud de onda seleccionada es indicada en la parte derecha del indicador digital.

- **Interruptor de encendido / Control de cero.** El interruptor de encendido y apagado es operado por la perilla de control de cero. El control de cero establece en el indicador una transmitancia de 0% cuando el compartimento de la celda está vacío y la cubierta cerrada.

- **Control de Transmitancia / Absorbancia.** Este control establece en el indicador un 100% de transmitancia (0.0 de absorbancia) con una blanco de referencia. Se tiene que establecer cuando se hace un cambio en la longitud de onda. Cuando se opera a una longitud de onda fija por un periodo prolongado, es necesario reajustar al 100% de transmitancia.

- **Selector de modo.** Este control selecciona el modo de Transmitancia, Absorbancia, Concentración o Factor.

- **Controles de ajuste del factor.** Estos botones etiquetados (Incremento y Decremento) son usados en los modos de concentración y factor. Para establecer una baja concentración o valor del factor, presionar y sostener presionado el botón de decremento hasta que se llegue al valor deseado. Para establecer un alto valor, presionar y sostener presionado el botón de incremento hasta que se llegue al valor deseado.

- **Filtros Instalados.** Este es opcional a requerimiento del usuario, para filtrar el haz de luz entrante, y permitir el paso de sólo una porción del mismo o atenuar su intensidad. Obteniendo una longitud de onda dada.

- **Conector SMA:** Es un conector universal estandarizado para la conexión de la fibra óptica. Ésta es la encargada de conducir el haz de luz hacia el espectrofotómetro. Este haz de luz ha pasado previamente por la muestra, con cuya materia ha interactuado de alguna manera. Por lo tanto el haz de luz que llega al instrumento, contiene la información esencial que identifica alguna característica especial de la misma.

Parámetros de medición:

La **Transmitancia** (T) es la relación entre la intensidad de radiación transmitido por una muestra (I) y la intensidad de radiación que incide sobre la muestra (I₀), medidos ambos en la misma posición del espectro y con la misma rendija, $T = I / I_0$. Se supone que el haz es de radiación paralela y que incide sobre las superficies planas y paralelas de la muestra, formando ángulos rectos.

La **Absorbancia** (A) es el logaritmo en base diez del recíproco de la transmitancia (T), en el que el disolvente puro es el material de referencia; esto es, $A = \log_{10} 1/T = -\log_{10} T$. Las interacciones electromagnéticas con la materia provocan la absorbancia o emisión de energía a través de la transición de los electrones entre niveles cuánticos o discretos de energía, vibraciones de enlaces, rotaciones moleculares y transición de electrones entre orbitales de átomos y moléculas.

La **espectrofotometría de absorción de infrarrojos** es adecuada para análisis orgánicos, pues los enlaces en alquenos, ésteres, alcoholes y otros grupos funcionales tienen fuerzas muy diferentes y absorben la radiación de infrarrojos en una gran variedad de frecuencias o energías. Esta absorción se refleja en el espectrógrafo en forma de picos. No se deben tomar medidas de absorbancias muy bajas o muy altas puesto

que disminuye la exactitud del método. La absorbancia es adimensional y generalmente se presenta con un mínimo tres decimales, algunos instrumentos permiten obtenerla con cuatro decimales.

Longitud de onda, distancia entre dos puntos consecutivos de una onda que tienen el mismo estado de vibración. La longitud de onda representa un concepto fundamental en la resolución de cualquier tipo de movimiento ondulatorio, y puede variar de valores muy grandes por ejemplo, cientos de metros para radio ondas largas a valores muy pequeños por ejemplo, de millonésimas de millón (10-12) para los rayos gamma. Las crestas y los valles son aquellos lugares en los que el movimiento transversal es máximo. La longitud de onda es la distancia entre dos compresiones o enrarecimientos consecutivos.

Las longitudes de onda más cortas del espectro visible corresponden a la luz violeta y las más largas a la luz roja y entre estos extremos se encuentran todos los colores del arco iris. Se escoge mediante el registro y/o la observación de la curva espectral o espectro de la sustancia que indicará si es adecuado tomar la longitud de onda de máxima absorción u otra banda característica de la sustancia como longitud de onda para realizar las medidas, la longitud de onda escogida se conoce como longitud de onda analítica.

Índice de Absorbancia: es el cociente de dividir la absorbancia (A) entre el producto de la concentración de la sustancia (c), expresada en gramos por litro, y la longitud de la trayectoria de la energía luminosa (b) expresada en centímetros. No debe confundirse con los términos extinción específica o con el coeficiente de extinción. En otro medio distinto al vacío la velocidad de propagación es menor y la relación de la velocidad de propagación en el vacío a la velocidad en cualquier otro medio, v_i , es lo que se conoce como índice de refracción: $i = c/v_i$

Curva espectral:

Curva espectral de una sustancia química indica las características de absorción de dicha sustancia con relación a la longitud de onda. En muchas ocasiones la curva espectral se presenta como Absorbancia vs longitud de onda y el espectro se denomina espectro de absorción, o en función de la transmitancia, denominándose el espectro, espectro de transmisión.

Resulta de la retención de cantidades discretas de energía radiante por la capa de material interpuesta en la trayectoria de la radiación, aunque la energía absorbida corresponde a una misma longitud de onda se observa una banda de absorción y no líneas, así la curva del espectro esta constituida por las lecturas que realiza el aparato para reproducir un gráfico en función de una longitud de onda específica, con el fin de apreciar los trazos que capta el espectrofotómetro. Así, la determinación cuantitativa de una especie, con base en observaciones que dependan de la cantidad de radiación absorbida dependen de la comparación entre el valor de la absorción de un patrón de referencia y la absorción de la muestra.

Los espectrofotómetros deben permitir efectuar la comparación entre la señal obtenida por una mezcla que no contiene el analito y otra que si lo tiene para poder tener la señal de esa diferencia. Así el registro de la variación del coeficiente de absorptividad molar, de la absorbancia A, o de la transmitancia T, en función de la longitud de onda origina el "espectro" o curva espectral de una sustancia química que indica las características de absorción de dicha sustancia con relación a la longitud de onda.

Procedimiento de Operación

La concentración de nitrato en los lixiviados se determinó midiendo la absorbancia de la solución, diluida 20 veces, a 220 y 275 nanómetros, con un espectrómetro Unicam Heios modelo . La absorbancia a 220 nanómetros disminuída en el doble de la obtenida a 275 nanómetros (para corregir la presencia de materia orgánica) determina el valor de la absorbancia debida al nitrato en solución.

Material necesario para el procedimiento de operación:

- 5 matraces aforados de 50 ml.
- 5 matraces aforados de 10 ml.
- Una pipeta de 10 ml.
- HCL 1N

Material necesario para la preparación del blanco:

• Agua destilada + 1 ml HCL 1N que se introduce en un matraz aforado de 50 ml, se hace cero a 275 nm y a 220 nm.

Material necesario para la preparación de los patrones:

- Poner 5ml de muestra (25 ppm NO_3^-), añadir 1 ml de HCL (para neutralizar carbonatos). Finalmente enrasar con agua destilada hasta los 50 ml del matraz.
- Poner 5ml de muestra (50 ppm NO_3^-), añadir 1 ml de HCL (para neutralizar carbonatos). Finalmente enrasar con agua destilada hasta los 50 ml del matraz.
- Poner 5ml de muestra (75 ppm NO_3^-), añadir 1 ml de HCL (para neutralizar carbonatos). Finalmente enrasar con agua destilada hasta los 50 ml del matraz.
- Poner 5ml de muestra (100 ppm NO_3^-), añadir 1 ml de HCL (para neutralizar carbonatos). Finalmente enrasar con agua destilada hasta los 50 ml del matraz.
- Poner 5ml de muestra (200 ppm NO_3^-), añadir 1 ml de HCL (para neutralizar carbonatos). Finalmente enrasar con agua destilada hasta los 50 ml del matraz.

Recta de Calibrado del Aparato para Determinación de Nitratos

Para el calibrado del aparato se utilizaron 6 concentraciones diferentes de nitratos (0, 25, 50, 75, 100 y 200 ppm de NO_3^-). Aplicando la estadística se obtuvieron los datos que forman la recta de calibración. El proceso es el descrito a continuación.

En el eje "X" se representa la absorbancia que nos da el aparato para cada muestra patrón (para una determinada concentración de nitratos, por ej. 75 ppm de NO_3^-) y en el eje "Y" se representan las diferentes concentraciones de las muestras patrón (0, 25, 50, 75, 100 200 ppm de NO_3^-).

Concentración (ppm de NO_3^-)	y	y ²
0	-75	5625
25	-50	2500
50	-25	625
75	0	0
100	25	625
200	125	15625
$\Sigma=450$	$\Sigma=0$	$\Sigma=25000$

De manera que para cada una de estas concentraciones (ppm de NO₃⁻) el espectrofotómetro nos da un valor de absorbancia. Ejemplo, para 75 ppm de NO₃⁻ el aparato nos da una absorbancia de 0,508.

Absorbancia	x	x2
0	-0,488166666	0,238306693
0,197	-0,291166666	0,084778027
0,311	-0,177166666	0,031388027
0,508	0,019833334	0,000393361
0,686	0,197833334	0,039138028
1,227	0,738833334	0,545874704
Σ=2,929	Σ=0	Σ=0,93987884

Cálculo de la medida de “x” y de “y”:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i n_i}{N} = \frac{2,929}{6} = 0,488166666 \qquad \bar{Y} = \frac{\sum_{j=1}^k y_j n_j}{N} = \frac{450}{6} = 75$$

$$\bar{X} = 0,488166666$$

$$\bar{Y} = 75$$

Cálculo de desviación típica (s):

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\text{Varianza} \left(S_X^2 \right)} = \sqrt{0,156646473} = 0,395785893$$

$$S_{\bar{x}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \left(x_i - \bar{x} \right)^2 n_i}{N} = \frac{0,93987884}{6} = 0,156646473$$

$$S_{\bar{Y}} = \sqrt{\text{Varianza} \left(S_Y^2 \right)} = \sqrt{4166,666667} = 64,54972244$$

$$S_{\bar{y}}^2 = \frac{\sum_{j=1}^n \left(y_j - \bar{y} \right)^2 n_j}{N} = \frac{25000}{6} = 4166,666667$$

$$S_{\bar{X}} = 0,395785893$$

$$S_{\bar{Y}} = 64,54972244$$

Correlación:

y	x	yx
-75	-0,488166666	36,61249995
-50	-0,291166666	14,5583333
-25	-0,177166666	4,42916665
0	0,019833334	0
25	0,197833334	4,9458335
125	0,73883334	92,3541675
		$\Sigma=152,90$

$$r = \frac{\text{Covarianza}}{S_{\bar{X}} S_{\bar{Y}}} = \frac{\sum_{ij} n_{ij} (x_i - \bar{X})(y_j - \bar{Y})}{S_{\bar{X}} S_{\bar{Y}}} = \frac{152,90}{25,54786954} = 0,9974739$$

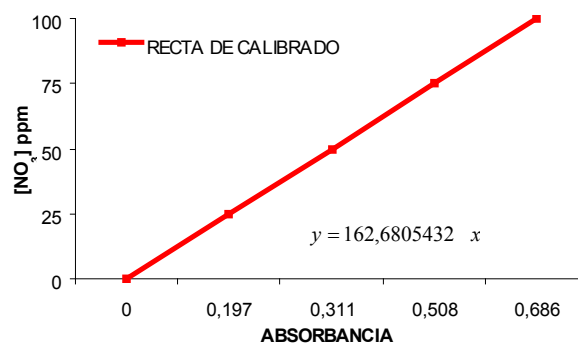
La recta de regresión $y = b_{yx}x$ se deduce;

$$b_{yx} = r \frac{S_{\bar{Y}}}{S_{\bar{X}}} = 0,9974739 \frac{64,54972244}{0,395785893} = 162,6805432$$

por lo tanto $y = b_{yx}x = 162,6805432x$

y = ppm de NO₃⁻
x = absorbancia

La recta de calibrado queda de la siguiente manera:



Concentración (ppm de NO ₃ ⁻)	Absorbancia (x)	y = 162,6805432 x
0	0	0
25	0,197	32,04806701
50	0,311	50,59364894
75	0,508	82,64171595
100	0,686	111,5988526
200	1,227	199,6090265

y = Concentración ppm de NO₃⁻ de la muestra

De esta manera, a la hora de hacer una medición de nitratos en el agua de lixiviado de cada parcela, lo que se hace es introducir la muestra en el espectrofotómetro y medir la absorbancia (x), esa “x” se introduce en la formula: $y = 162,6805432 x$ y se calcula la concentración de NO_3^- de esa muestra (“y” en ppm).

Bibliografía

1. Spectronic® 20 Series OPERATOR’S MANUAL”; Milton Roy Company; 1992.
2. Fischer & Peters; “Compendio de análisis químico cuantitativo”; Nueva Editorial Interamericana, S. A. de C. V.; 1ª edición; 1971; pp. 400 - 450.
3. Gilbert H. Ayres; “Análisis químico cuantitativo”; Ediciones del Castillo, S. A.; 1970; pp. 459-514.

anexo XII **Análisis de** suelos, estiércoles y agua de riego

1.- Análisis de los suelos de los lixímetros. Año 2001

LIXIMETRO 1	PROPIEDADES FÍSICAS	Densidad aparente (g•cm-3)	1'3
		pH	7'48
		Color	10YR 7/1 Gris claro
		Peso agua / peso suelo	0'51
	SALINIDAD	C. E. (mmho•cm-1)	8'45
		Cloruros (meq•l-1)	27'2
		Sulfatos (meq•l-1)	34'98
		Sodio soluble (meq•l-1)	26'18
		S.A.R. (Relac. Absorción Sodio).	4'22
		Bicarbonatos (meq•l-1)	1
	FERTILIDAD	Nitrógeno (orgánico más amoniacal) (%)	0'18
		Nitratos (ppm).	1213'26
		Fosfatos (mg•l-1)	4'47
		Fósforo asimilable (ppm)	120
		Potasio soluble (meq•l-1)	8'2
		Calcio soluble (meq•l-1)	43'45
		Magnesio soluble (meq•l-1)	33'54
		Materia orgánica (%)	1'98
	Relación Carbono/Nitrógeno	6'38	
	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO	Capacidad de cambio (meq•100g -1)	12'85
		Calcio de cambio (meq•100g -1)	6'08
		Magnesio de cambio (meq•100g -1)	5'19
		Potasio de cambio (meq•100g -1)	1'17
		Sodio de cambio (meq•100g -1)	0'41
		% de saturación de Sodio.	3'19
	MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES	Hierro asimilable (ppm)	10'23
		Boro asimilable (ppm)	2'32
		Manganeso asimilable (ppm)	7'85
		Cobre asimilable (ppm)	1'84
		Zinc asimilable (ppm)	7'97
Caliza total (%)		40'08	
Caliza activa (%)		14'48	
LIXIMETRO 2	PROPIEDADES FÍSICAS	Densidad aparente (g•cm-3)	1'3
		pH	7'51
		Color	10YR 7/1 Gris claro
		Peso agua / peso suelo	0'48
	SALINIDAD	C. E. (mmho•cm-1)	14'25
		Cloruros (meq•l-1)	65'6
		Sulfatos (meq•l-1)	61'48
		Sodio soluble (meq•l-1)	63'51
		S.A.R. (Relac. Absorción Sodio).	8'20
		Bicarbonatos (meq•l-1)	3

LIXIMETRO 2	FERTILIDAD	Nitrógeno (orgánico más amoniacal) (%)	0'22
		Nitratos (ppm).	1735'01
		Fosfatos (mg•l-1)	5'94
		Fósforo asimilable (ppm)	136
		Potasio soluble (meq•l-1)	16'22
		Calcio soluble (meq•l-1)	57'38
		Magnesio soluble (meq•l-1)	62'65
		Materia orgánica (%)	2'31
		Relación Carbono/Nitrógeno	6'09
	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	Capacidad de cambio (meq•100g -1)	14'04
		Calcio de cambio (meq•100g -1)	6'2
		Magnesio de cambio (meq•100g -1)	5'78
		Potasio de cambio (meq•100g -1)	1'44
		Sodio de cambio (meq•100g -1)	0'62
		% de saturación de Sodio.	4'42
	MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES	Hierro asimilable (ppm)	17'78
		Boro asimilable (ppm)	3'05
		Manganeso asimilable (ppm)	4'24
Cobre asimilable (ppm)		2'08	
Zinc asimilable (ppm)		7'57	
Caliza total (%)		40'5	
Caliza activa (%)		13'74	
LIXIMETRO 3	PROPIEDADES FÍSICAS	Densidad aparente (g•cm-3)	1'26
		pH	7'64
		Color	10YR 7/1 Gris claro
		Peso agua / peso suelo	0'52
	SALINIDAD	C. E. (mmho•cm-1)	16'53
		Cloruros (meq•l-1)	74'4
		Sulfatos (meq•l-1)	68'52
		Sodio soluble (meq•l-1)	72'55
		S.A.R. (Relac. Absorción Sodio).	8'54
		Bicarbonatos (meq•l-1)	2'6
	FERTILIDAD	Nitrógeno (orgánico más amoniacal) (%)	0'23
		Nitratos (ppm).	2153'63
		Fosfatos (mg•l-1)	2'52
		Fósforo asimilable (ppm)	94
		Potasio soluble (meq•l-1)	18'59
		Calcio soluble (meq•l-1)	71'81
		Magnesio soluble (meq•l-1)	72'48
		Materia orgánica (%)	2'48
Relación Carbono/Nitrógeno	6'25		
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	Capacidad de cambio (meq•100g -1)	16'06	
	Calcio de cambio (meq•100g -1)	8'65	
	Magnesio de cambio (meq•100g -1)	5'37	
	Potasio de cambio (meq•100g -1)	1'52	
	Sodio de cambio (meq•100g -1)	0'52	
	% de saturación de Sodio.	3'24	

LIXIMETRO 3	MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES	Hierro asimilable (ppm)	17'1
		Boro asimilable (ppm)	3'25
		Manganeso asimilable (ppm)	11'18
		Cobre asimilable (ppm)	2'68
		Zinc asimilable (ppm)	12'94
		Caliza total (%)	42'68
		Caliza activa (%)	14'85
LIXIMETRO 4	PROPIEDADES FÍSICAS	Densidad aparente (g•cm-3)	1'24
		pH	7'55
		Color	10YR 7/1 Gris claro
		Peso agua / peso suelo	0'5
	SALINIDAD	C. E. (mmho•cm-1)	13'17
		Cloruros (meq•l-1)	54
		Sulfatos (meq•l-1)	56'45
		Sodio soluble (meq•l-1)	55'79
		S.A.R. (Relac. Absorción Sodio).	7'55
		Bicarbonatos (meq•l-1)	2
		FERTILIDAD	Nitrógeno (orgánico más amoniacal) (%)
	Nitratos (ppm).		2156'67
	Fosfatos (mg•l-1)		6'03
	Fósforo asimilable (ppm)		96
	Potasio soluble (meq•l-1)		17'84
	Calcio soluble (meq•l-1)		58'44
	Magnesio soluble (meq•l-1)		50'72
	Materia orgánica (%)		2'88
	Relación Carbono/Nitrógeno	6'19	
	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	Capacidad de cambio (meq•100g -1)	14'59
		Calcio de cambio (meq•100g -1)	7'94
		Magnesio de cambio (meq•100g -1)	4'77
		Potasio de cambio (meq•100g -1)	1'45
		Sodio de cambio (meq•100g -1)	0'43
		% de saturación de Sodio.	2'95
	MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES	Hierro asimilable (ppm)	6'52
		Boro asimilable (ppm)	2'6
		Manganeso asimilable (ppm)	6'73
Cobre asimilable (ppm)		2'09	
Zinc asimilable (ppm)		13'88	
Caliza total (%)		41'06	
Caliza activa (%)		15'22	
LIXIMETRO 5	PROPIEDADES FÍSICAS	Densidad aparente (g•cm-3)	1'29
		pH	7'64
		Color	10YR 7/1 Gris claro
		Peso agua / peso suelo	0'45
	SALINIDAD	C. E. (mmho•cm-1)	10'79
		Cloruros (meq•l-1)	37'2
		Sulfatos (meq•l-1)	56'85
		Sodio soluble (meq•l-1)	43'86
		S.A.R. (Relac. Absorción Sodio).	6'30
		Bicarbonatos (meq•l-1)	1'8

Hay que destacar que en la parcela 5 se lleva 5 años sin aplicar ningún tipo de fertilizante químico. Todas las propiedades físicas y químicas, así como la concentración de macro y microelementos del suelo, se deben al aporte de la materia orgánica

LIXIMETRO 5	FERTILIDAD	Nitrógeno (orgánico más amoniacal) (%)	0'21
		Nitratos (ppm).	1716'69
		Fosfatos (mg•l-1)	7'02
		Fósforo asimilable (ppm)	92
		Potasio soluble (meq•l-1)	12'31
		Calcio soluble (meq•l-1)	52'36
		Magnesio soluble (meq•l-1)	44'67
		Materia orgánica (%)	2'28
		Relación Carbono/Nitrógeno	6'30
	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	Capacidad de cambio (meq•100g -1)	13'94
		Calcio de cambio (meq•100g -1)	7'49
		Magnesio de cambio (meq•100g -1)	4'93
		Potasio de cambio (meq•100g -1)	1'26
		Sodio de cambio (meq•100g -1)	0'26
		% de saturación de Sodio.	1'87
	MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES	Hierro asimilable (ppm)	4'6
		Boro asimilable (ppm)	2'56
		Manganeso asimilable (ppm)	6'3
Cobre asimilable (ppm)		1'79	
Zinc asimilable (ppm)		12'44	
Caliza total (%)		39'83	
Caliza activa (%)		15'22	
LIXIMETRO 6	PROPIEDADES FÍSICAS	Densidad aparente (g•cm-3)	1'27
		pH	7'74
		Color	10YR 7/1 Gris claro
		Peso agua / peso suelo	0'52
	SALINIDAD	C. E. (mmho•cm-1)	11'62
		Cloruros (meq•l-1)	48
		Sulfatos (meq•l-1)	56'45
		Sodio soluble (meq•l-1)	46'64
		S.A.R. (Relac. Absorción Sodio).	6'20
		Bicarbonatos (meq•l-1)	1'6
	FERTILIDAD	Nitrógeno (orgánico más amoniacal) (%)	0'21
		Nitratos (ppm).	1924'08
		Fosfatos (mg•l-1)	17'37
		Fósforo asimilable (ppm)	101
		Potasio soluble (meq•l-1)	13'24
		Calcio soluble (meq•l-1)	60'6
		Magnesio soluble (meq•l-1)	52'53
		Materia orgánica (%)	2'41
Relación Carbono/Nitrógeno	6'66		
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	Capacidad de cambio (meq•100g -1)	14'26	
	Calcio de cambio (meq•100g -1)	7'34	
	Magnesio de cambio (meq•100g -1)	5'14	
	Potasio de cambio (meq•100g -1)	1'33	
	Sodio de cambio (meq•100g -1)	0'45	
	% de saturación de Sodio.	3'16	

LIXIMETRO 6	MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES	Hierro asimilable (ppm)	16'68
		Boro asimilable (ppm)	2'64
		Manganeso asimilable (ppm)	7'22
		Cobre asimilable (ppm)	2'27
		Zinc asimilable (ppm)	13'76
		Caliza total (%)	39'02
		Caliza activa (%)	15'1
LIXIMETRO 7	PROPIEDADES FÍSICAS	Densidad aparente (g•cm-3)	1'29
		pH	7'62
		Color	10YR 7/1 Gris claro
		Peso agua / peso suelo	0'51
	SALINIDAD	C. E. (mmho•cm-1)	14'79
		Cloruros (meq•l-1)	65'6
		Sulfatos (meq•l-1)	69'13
		Sodio soluble (meq•l-1)	68'6
		S.A.R. (Relac. Absorción Sodio).	8'17
		Bicarbonatos (meq•l-1)	1'8
		FERTILIDAD	Nitrógeno (orgánico más amoniacal) (%)
	Nitratos (ppm).		2307
	Fosfatos (mg•l-1)		6'03
	Fósforo asimilable (ppm)		89
	Potasio soluble (meq•l-1)		22'26
	Calcio soluble (meq•l-1)		69'78
	Magnesio soluble (meq•l-1)		71'14
	Materia orgánica (%)		2'41
	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	Relación Carbono/Nitrógeno	6'35
		Capacidad de cambio (meq•100g -1)	15'32
		Calcio de cambio (meq•100g -1)	7'76
		Magnesio de cambio (meq•100g -1)	5'21
		Potasio de cambio (meq•100g -1)	1'8
		Sodio de cambio (meq•100g -1)	0'55
	MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES	% de saturación de Sodio.	3'59
		Hierro asimilable (ppm)	17'88
		Boro asimilable (ppm)	3'46
		Manganeso asimilable (ppm)	11'38
Cobre asimilable (ppm)		2'32	
Zinc asimilable (ppm)		16'4	
Caliza total (%)		37'4	
Caliza activa (%)		14'73	
LIXIMETRO 8	PROPIEDADES FÍSICAS	Densidad aparente (g•cm-3)	1'2
		pH	7'5
		Color	10YR 7/1 Gris claro
		Peso agua / peso suelo	0'51
	SALINIDAD	C. E. (mmho•cm-1)	15'47
		Cloruros (meq•l-1)	57'6
		Sulfatos (meq•l-1)	64'92
		Sodio soluble (meq•l-1)	60'49
		S.A.R. (Relac. Absorción Sodio).	7'08
		Bicarbonatos (meq•l-1)	2'2

LIXIMETRO 8	FERTILIDAD	Nitrógeno (orgánico más amoniacal) (%)	0'33
		Nitratos (ppm).	2719'32
Fosfatos (mg•l-1)		9'09	
Fósforo asimilable (ppm)		113	
Potasio soluble (meq•l-1)		25'43	
Calcio soluble (meq•l-1)		72'69	
Magnesio soluble (meq•l-1)		73'1	
Materia orgánica (%)		3'52	
Relación Carbono/Nitrógeno		6'19	
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	Capacidad de cambio (meq•100g -1)	16'54	
	Calcio de cambio (meq•100g -1)	8'53	
	Magnesio de cambio (meq•100g -1)	5'66	
	Potasio de cambio (meq•100g -1)	1'9	
	Sodio de cambio (meq•100g -1)	0'45	
	% de saturación de Sodio.	2'72	
MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES	Hierro asimilable (ppm)	21'02	
	Boro asimilable (ppm)	4'03	
	Manganeso asimilable (ppm)	6'27	
	Cobre asimilable (ppm)	3'5	
	Zinc asimilable (ppm)	14'42	
	Caliza total (%)	37'4	
	Caliza activa (%)	13'98	

2.- Comparación del nitrógeno en suelo por lixímetros

Fecha entrada	Liximetro /profundidad	Nitrogeno (Orga + Amoni) (%)	Nitrogeno (Orga +Amo) (kg (N)/ha)	Nitratos (meq/l)	Nitratos (kg (N)/ha)
04/08/1999	1-20	0,12	4043,76	0,24	5,50
	1-40	0,11	3964,80	1,06	27,84
	1-60	0,09	3294,00	0,02	0,52
	2-20	0,14	4920,72	0,00	0,00
	2-40	0,07	2541,00	0,00	0,00
	2-60	0,09	3467,10	0,00	0,00
	3-20	0,14	4704,00	10,25	236,26
	3-40	0,10	3660,00	1,00	27,16
	3-60	0,11	3811,50	0,53	12,93
	4-20	0,15	4941,72	0,54	13,85
	4-40	0,10	3480,96	0,43	9,91
	4-60	0,11	3915,24	0,34	7,41
	5-20	0,16	5405,40	0,00	0,00
	5-40	0,10	3464,58	0,89	21,54
	5-60	0,08	2847,60	0,00	0,00
	6-20	0,15	4852,68	0,00	0,00
	6-40	0,12	3891,30	0,00	0,00
	6-60	0,09	2786,28	0,00	0,00
	7-20	0,16	5071,50	1,46	33,48
	7-40	0,11	3782,52	0,77	18,07
7-60	0,10	3535,56	1,30	34,64	
8-20	0,27	8102,22	12,11	292,81	
8-40	0,13	3893,40	6,41	110,92	
8-60	0,11	3796,80	7,48	156,20	

Se determinan estos datos en las tres primeras campañas para cada lixímetro (1 al 8) y a tres profundidades (20, 40 y 60 cm).

Fecha entrada	Liximetro /profundidad	Nitrogeno (Orga + Amoni) (%)	Nitrogeno (Orga + Amo) (kg (N)/ha)	Nitratos (meq/l)	Nitratos (kg (N)/ha)
10/01/2000	1-20	0,16	5376,00	23,87	516,51
	1-40	0,09	3240,00	3,68	76,04
	1-60	0,08	3072,00	4,48	115,61
	2-20	0,18	5454,00	19,00	394,93
	2-40	0,14	4914,00	3,56	76,97
	2-60	0,11	4092,00	2,65	70,39
	3-20	0,16	5232,00	19,61	421,94
	3-40	0,11	3828,00	4,50	96,47
	3-60	0,08	2880,00	3,95	91,58
	4-20	0,17	5508,00	27,48	548,46
	4-40	0,10	3360,00	8,02	162,22
	4-60	0,08	3024,00	3,81	94,76
	5-20	0,19	6555,00	20,53	485,88
	5-40	0,09	3294,00	2,43	56,03
	5-60	0,08	2832,00	3,73	73,94
	6-20	0,19	6897,00	24,60	550,08
	6-40	0,09	3051,00	3,45	83,51
	6-60	0,09	3267,00	2,19	48,97
	7-20	0,20	6300,00	29,21	644,08
	7-40	0,16	4896,00	10,42	187,48
7-60	0,12	4644,00	6,83	177,62	
8-20	0,25	8025,00	27,23	587,38	
8-40	0,08	2928,00	4,06	112,34	
8-60	0,13	4485,00	3,25	65,93	
21/07/2000	1-20	0,16	5952,00	3,04	80,74
	1-40	0,11	4323,00	1,25	35,08
	1-60	0,10	3960,00	1,80	47,90
	2-20	0,18	6750,00	5,87	141,76
	2-40	0,09	3672,00	1,51	36,23
	2-60	0,11	4455,00	1,95	46,44
	3-20	0,14	5376,00	7,50	209,66
	3-40	0,12	4752,00	2,44	62,23
	3-60	0,10	3930,00	5,00	140,30
	4-20	0,18	6588,00	5,21	146,83
	4-40	0,10	3960,00	2,44	58,17
	4-60	0,12	4752,00	3,36	91,28
	5-20	0,17	6630,00	3,30	97,30
	5-40	0,17	6681,00	0,71	36,33
	5-60	0,13	5031,00	4,38	121,03
	6-20	0,19	7239,00	4,02	105,07
	6-40	0,15	5850,00	2,03	59,85
	6-60	0,16	6288,00	2,25	69,33
	7-20	0,24	8568,00	13,94	334,43
	7-40	0,11	4422,00	9,57	220,83
7-60	0,12	4788,00	2,26	54,28	
8-20	0,40	12960,00	44,90	1323,83	
8-40	0,15	5805,00	10,69	289,59	
8-60	0,10	3960,00	5,00	141,37	

Fecha entrada	Liximetro /profundidad	Nitrogeno (Orga + Amoni) (%)	Nitrogeno (Orga +Amo) (kg (N)/ha)	Nitratos (meq/l)	Nitratos (kg (N)/ha)
10/04/2001	1-20	0,18	6750,00	527,05	446,29
	1-40	0,10	3990,00	254,97	229,72
	1-60	0,12	4716,00	453,47	402,42
	2-20	0,23	8349,00	1203,00	986,34
	2-40	0,13	5031,00	226,45	197,89
	2-60	0,13	5109,00	251,00	222,76
	3-20	0,17	6222,00	665,11	549,68
	3-40	0,10	3930,00	154,11	136,76
	3-60	0,10	3900,00	249,41	219,64
	4-20	0,21	7560,00	1030,16	837,42
	4-40	0,17	6681,00	460,56	408,71
	4-60	0,13	5187,00	344,03	309,96
	5-20	0,24	8352,00	691,73	543,56
	5-40	0,13	5070,00	188,23	165,77
	5-60	0,09	4023,00	91,79	92,65
	6-20	0,22	7854,00	650,26	524,19
	6-40	0,13	5109,00	289,96	257,31
	6-60	0,10	4020,00	266,34	241,77
	7-20	0,23	9108,00	633,11	566,12
	7-40	0,14	5418,00	604,65	528,39
7-60	0,14	5334,00	494,41	425,35	
8-20	0,41	12792,00	1250,33	880,88	
8-40	0,18	6858,00	342,61	294,76	
8-60	0,13	5031,00	284,03	248,21	
25/07/2001	1-20	0,14	5376,00	169,80	147,23
	1-40	0,12	4860,00	126,08	115,30
	1-60	0,11	4455,00	11,16	10,21
	2-20	0,17	7293,00	98,96	95,87
	2-40	0,08	3312,00	47,71	44,60
	2-60	0,11	4356,00	116,71	104,36
	3-20	0,24	8856,00	1124,53	936,99
	3-40	0,11	4290,00	194,02	170,86
	3-60	0,10	4020,00	108,10	98,12
	4-20	0,18	6750,00	321,41	272,16
	4-40	0,10	4050,00	47,54	43,48
	4-60	0,12	4824,00	151,78	137,77
	5-20	0,21	7938,00	498,53	425,52
	5-40	0,11	4488,00	37,92	34,93
	5-60	0,10	3960,00	176,33	157,67
	6-20	0,16	6144,00	164,74	142,85
	6-40	0,09	3726,00	34,52	32,27
	6-60	0,10	4020,00	92,75	84,19
	7-20	0,19	7011,00	440,60	367,12
	7-40	0,11	4521,00	38,26	35,51
7-60	0,13	5226,00	148,30	134,62	
8-20	0,28	10164,00	113,55	93,08	
8-40	0,07	2898,00	56,92	53,21	
8-60	0,09	3618,00	101,87	92,47	

Fecha entrada	Liximetro /profundidad	Nitrogeno (Orga + Amoni) (%)	Nitrogeno (Orga + Amo) (kg (N)/ha)	Nitratos (meq/l)	Nitratos (kg (N)/ha)
05/08/2004	1	0,25	9150,00	699,36	577,99
	2	0,26	9438,00	458,80	376,07
	3	0,22	7854,00	376,96	303,88
	4	0,25	9075,00	465,00	381,15
	5	0,22	8052,00	644,80	532,90
	6	0,26	9672,00	1099,88	923,90
	7	0,25	9000,00	915,12	743,90
	8	0,40	13440,00	1899,68	1441,31
	1-30	0,23	8763,00	2540,76	2185,87
	2	0,25	9150,00	2399,40	1982,99
	3	0,23	8556,00	1587,20	1333,25
	4	0,28	10416,00	2054,68	1725,93
	5	0,22	8448,00	2534,56	2197,71
	6	0,24	8928,00	2718,08	2283,19
	7	0,25	9600,00	2891,68	2507,37
	8	0,32	11808,00	3588,56	2990,08

3.- Análisis inicial de suelos. Año 1999

CENTRO DE AGROANÁLISIS
 Análisis de suelos, aguas, material vegetal, fertilizantes y abonos

ANTONIO ABELLAN CARAVACA, S.L.
 Polígono Industrial Oeste
 C/ Libertad, Parc. 2437. Mod. D-2
 Tels. 968 88 32 71/ 72 • Fax 968 88 32 78
 30169 SAN GINES (Murcia) • ESPAÑA

ANÁLISIS DE SUELO

Ref. Laboratorio	Código Cliente	Fecha de Muestreo	Fecha de Salida
5286		24/07/99	

ANÁLISIS FÍSICO

% Arena	26,00	ARCILLOSA	
% Limo	30,00		
% Arcilla	44,00		

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

DETERMINACIONES	VALORES	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
pH (Suspensión 1:2,5 en agua)	8,200					
Cond. Eléctrica 1:5 (mmhos/cm)	0,691					
Sodio asimilable (Na) (meq/100gr)	1,544					
Potasio asimilable (K) (meq/100gr)	1,158					
Calcio asimilable (Ca) (meq/100gr)	14,954					
Magnesio asimilable (Mg) (meq/100gr)	5,149					

ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIONES	VALORES	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Materia orgánica total (%)	2,010					
Materia orgánica oxidable (%)	1,548					
Nitrogeno total (%)	0,118					
Carbono orgánico total (%)	1,166					
Relación Carbono/Nitrogeno	9,913					
Fósforo asimilable (ppm)	54,839					
Carbonatos totales (%)	34,780					
Caliza activa (%)	10,248					
Cloruro (meq/100gr) (Cl)	0,777					
Sulfato (yeso) (%) (SO4)	0,134					
Hierro asimilable (ppm) (Fe)	3,514					
Manganeso asimilable (ppm) (Mn)	3,384					
Cobre asimilable (ppm) (Cu)	1,324					
Zinc asimilable (ppm) (Zn)	4,886					
Boro asimilable (ppm) (B)	2,074					

Método del fósforo: Watanabe & Olsen. Cationes de cambio: Cloruro bórico trietanolamina. Microelementos extraídos con DTPA.

CENTRO DE AGROANÁLISIS
 Análisis de suelos, aguas, material vegetal, fertilizantes y abonos

ANTONIO ABELLAN CARAVACA, S.L.
 Polígono Industrial Oeste
 C/ Libertad, Parc. 2437. Mod. D-2
 Tels. 968 88 32 71/ 72 • Fax 968 88 32 78
 30169 SAN GINES (Murcia) • ESPAÑA

ANÁLISIS DE SUELO

Ref. Laboratorio	Código Cliente	Fecha de Muestreo	Fecha de Salida
5286		24/07/99	

ANÁLISIS FÍSICO

% Arena	25,00	ARCILLOSA	
% Limo	32,00		
% Arcilla	43,00		


ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

DETERMINACIONES	VALORES	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
pH (Suspensión 1:2,5 en agua)	8,150					
Cond. Eléctrica 1:5 (mmhos/cm)	0,553					
Sodio asimilable (Na) (meq/100gr)	1,226					
Potasio asimilable (K) (meq/100gr)	0,772					
Calcio asimilable (Ca) (meq/100gr)	16,143					
Magnesio asimilable (Mg) (meq/100gr)	5,026					

ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIONES	VALORES	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Materia orgánica total (%)	2,023					
Materia orgánica oxidable (%)	1,558					
Nitrogeno total (%)	0,126					
Carbono orgánico total (%)	1,174					
Relación Carbono/Nitrogeno	9,314					
Fósforo asimilable (ppm)	70,968					
Carbonatos totales (%)	33,956					
Caliza activa (%)	10,909					
Cloruro (meq/100gr) (Cl)	0,492					
Sulfato (yeso) (%) (SO4)	0,131					
Hierro asimilable (ppm) (Fe)	3,440					
Manganeso asimilable (ppm) (Mn)	4,216					
Cobre asimilable (ppm) (Cu)	1,532					
Zinc asimilable (ppm) (Zn)	11,626					
Boro asimilable (ppm) (B)	1,880					

Método del fósforo: Watanabe & Olsen. Cationes de cambio: Cloruro bórico trietanolamina. Microelementos extraídos con DTPA.



CENTRO DE AGROANÁLISIS
Análisis de suelos, aguas, material vegetal, fertilizantes y abonos

ANTONIO ABELLAN CARAVACA, S.L.
Polígono Industrial Oeste
C/ Libertad, Parc. 2437, Mod. D-2
Tels. 968 88 32 71/ 72 - Fax 968 88 32 78
30169 SAN GINES (Murcia) - ESPAÑA

ANÁLISIS DE SUELO


Ref. Laboratorio	Código Cliente	Fecha de Muestreo	Fecha de Salida
2072AA	2072AA	14/7/93	14/7/93
Nombre: CONSEJ. DE M. AMBIENTE AGRICULTURA Y AGUA Dirección: INVER. Y DESARROLLO AGROALIMENTARIO Localidad: ALBARRACÍN (LA ALBARRACÍN) Provincia: ALBARRACÍN País: ESPAÑA Teléfono: 001-1 Fax: 0150-0250			
Cultivo: C-3 Tr.R.		Cultivo: C-3 Tr.R.	
Variedad: NO SE CITA		Variedad: NO SE CITA	
Edad: NO SE CITA		Edad: NO SE CITA	
Estado fenológico: NO SE CITA		Estado fenológico: NO SE CITA	
Síntomas: NO SE CITA			

ANÁLISIS FÍSICO		Textura (U.S.D.A.)	
% Arena	36,00	FRANCO ARCILLOSA	
% Limo	26,00		
% Arcilla	38,00		

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO		NIVELES DE FERTILIDAD				
DETERMINACIONES	VALORES	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
pH (Suspensión 1:2,5 en agua)	8,150	████████████████████				
Cond. Eléctrica l:5 (mmhos/cm)	0,539	████████████████████				
Sodio asimilable (Na)(meq/100gr)	1,270	████████████████████				
Potasio asimilable (K)(meq/100gr)	0,611	████████████████████				
Calcio asimilable (Ca)(meq/100gr)	13,055	████████████████████				
Magnesio asimilable(Mg)(meq/100gr)	4,259	████████████████████				

ANÁLISIS QUÍMICO		NIVELES DE FERTILIDAD				
DETERMINACIONES	VALORES	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Materia orgánica total (%)	2,211	████████████████████				
Materia orgánica oxidable (%)	1,703	████████████████████				
Nitrógeno total (%)	0,132	████████████████████				
Carbono orgánico total (%)	1,282	████████████████████				
Relación Carbono/Nitrógeno	9,745	████████████████████				
Fósforo asimilable (ppm)	103,629	████████████████████				
Carbonatos totales (%)	34,615	████████████████████				
Caliza activa (%)	9,752	████████████████████				
Cloruro (meq/100gr)(Cl)	0,644	████████████████████				
Sulfato (yeso) (%) (SO4)	0,132	████████████████████				
Hierro asimilable (ppm)(Fe)	8,310	████████████████████				
Manganeso asimilable (ppm)(Mn)	8,238	████████████████████				
Cobre asimilable (ppm)(Cu)	2,030	████████████████████				
Zinc asimilable (ppm)(Zn)	11,112	████████████████████				
Boro asimilable (ppm)(B)	2,074	████████████████████				

Método del fósforo: Watanabe & Olsen. Cationes de cambio: Cloruro bórico trietanolamina. Microelementos extraídos con DTPA.



CENTRO DE AGROANÁLISIS
Análisis de suelos, aguas, material vegetal, fertilizantes y abonos

ANTONIO ABELLAN CARAVACA, S.L.
Polígono Industrial Oeste
C/ Libertad, Parc. 2437, Mod. D-2
Tels. 968 88 32 71/ 72 - Fax 968 88 32 78
30169 SAN GINES (Murcia) - ESPAÑA

ANÁLISIS DE SUELO


Ref. Laboratorio	Código Cliente	Fecha de Muestreo	Fecha de Salida
2072AA	2072AA	14/7/93	14/7/93
Nombre: CONSEJ. DE M. AMBIENTE AGRICULTURA Y AGUA Dirección: INVER. Y DESARROLLO AGROALIMENTARIO Localidad: ALBARRACÍN (LA ALBARRACÍN) Provincia: ALBARRACÍN País: ESPAÑA Teléfono: 001-1 Fax: 0150-0250			
Cultivo: C-3 Tr.R.		Cultivo: C-3 Tr.R.	
Variedad: NO SE CITA		Variedad: NO SE CITA	
Edad: NO SE CITA		Edad: NO SE CITA	
Estado fenológico: NO SE CITA		Estado fenológico: NO SE CITA	
Síntomas: NO SE CITA			

ANÁLISIS FÍSICO		Textura (U.S.D.A.)	
% Arena	34,00	FRANCO ARCILLOSA	
% Limo	26,00		
% Arcilla	40,00		

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO		NIVELES DE FERTILIDAD				
DETERMINACIONES	VALORES	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
pH (Suspensión 1:2,5 en agua)	8,460	████████████████████				
Cond. Eléctrica l:5 (mmhos/cm)	0,957	████████████████████				
Sodio asimilable (Na)(meq/100gr)	2,144	████████████████████				
Potasio asimilable (K)(meq/100gr)	2,811	████████████████████				
Calcio asimilable (Ca)(meq/100gr)	16,149	████████████████████				
Magnesio asimilable(Mg)(meq/100gr)	6,713	████████████████████				

ANÁLISIS QUÍMICO		NIVELES DE FERTILIDAD				
DETERMINACIONES	VALORES	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Materia orgánica total (%)	3,384	████████████████████				
Materia orgánica oxidable (%)	2,606	████████████████████				
Nitrógeno total (%)	0,235	████████████████████				
Carbono orgánico total (%)	1,963	████████████████████				
Relación Carbono/Nitrógeno	8,344	████████████████████				
Fósforo asimilable (ppm)	144,242	████████████████████				
Carbonatos totales (%)	33,719	████████████████████				
Caliza activa (%)	12,265	████████████████████				
Cloruro (meq/100gr)(Cl)	1,591	████████████████████				
Sulfato (yeso) (%) (SO4)	0,223	████████████████████				
Hierro asimilable (ppm)(Fe)	41,592	████████████████████				
Manganeso asimilable (ppm)(Mn)	31,424	████████████████████				
Cobre asimilable (ppm)(Cu)	5,244	████████████████████				
Zinc asimilable (ppm)(Zn)	12,888	████████████████████				
Boro asimilable (ppm)(B)	1,767	████████████████████				

Método del fósforo: Watanabe & Olsen. Cationes de cambio: Cloruro bórico trietanolamina. Microelementos extraídos con DTPA.



CENTRO DE AGROANÁLISIS
Análisis de suelos, aguas, material vegetal, fertilizantes y abonos

ANTONIO ABELLAN CARAVACA, S.L.
Polígono Industrial Oeste
C/ Libertad, Parc. 2437, Mod. D-2
Tels. 968 88 32 71/ 72 - Fax 968 88 32 78
30169 SAN GINES (Murcia) - ESPAÑA

ANÁLISIS DE SUELO

Ref. Laboratorio	Código Cliente	Fecha de Muestreo	Fecha de Salida
2072AA	2072AA	14/7/93	14/7/93
Nombre: CONSEJ. DE M. AMBIENTE AGRICULTURA Y AGUA Dirección: INVER. Y DESARROLLO AGROALIMENTARIO Localidad: ALBARRACÍN (LA ALBARRACÍN) Provincia: ALBARRACÍN País: ESPAÑA Teléfono: 001-1 Fax: 0150-0250			
Cultivo: C-3 Tr.R.		Cultivo: C-3 Tr.R.	
Variedad: NO SE CITA		Variedad: NO SE CITA	
Edad: NO SE CITA		Edad: NO SE CITA	
Estado fenológico: NO SE CITA		Estado fenológico: NO SE CITA	
Síntomas: NO SE CITA			

ANÁLISIS FÍSICO		Textura (U.S.D.A.)	
% Arena	40,00	FRANCO ARCILLOSA	
% Limo	24,00		
% Arcilla	36,00		

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO		NIVELES DE FERTILIDAD				
DETERMINACIONES	VALORES	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
pH (Suspensión 1:2,5 en agua)	8,390	████████████████████				
Cond. Eléctrica l:5 (mmhos/cm)	1,245	████████████████████				
Sodio asimilable (Na)(meq/100gr)	2,238	████████████████████				
Potasio asimilable (K)(meq/100gr)	3,240	████████████████████				
Calcio asimilable (Ca)(meq/100gr)	13,688	████████████████████				
Magnesio asimilable(Mg)(meq/100gr)	6,173	████████████████████				

ANÁLISIS QUÍMICO		NIVELES DE FERTILIDAD				
DETERMINACIONES	VALORES	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Materia orgánica total (%)	3,350	████████████████████				
Materia orgánica oxidable (%)	2,580	████████████████████				
Nitrógeno total (%)	0,210	████████████████████				
Carbono orgánico total (%)	1,943	████████████████████				
Relación Carbono/Nitrógeno	9,252	████████████████████				
Fósforo asimilable (ppm)	135,354	████████████████████				
Carbonatos totales (%)	34,546	████████████████████				
Caliza activa (%)	12,099	████████████████████				
Cloruro (meq/100gr)(Cl)	2,576	████████████████████				
Sulfato (yeso) (%) (SO4)	0,191	████████████████████				
Hierro asimilable (ppm)(Fe)	45,730	████████████████████				
Manganeso asimilable (ppm)(Mn)	27,844	████████████████████				
Cobre asimilable (ppm)(Cu)	4,430	████████████████████				
Zinc asimilable (ppm)(Zn)	13,106	████████████████████				
Boro asimilable (ppm)(B)	2,012	████████████████████				

Método del fósforo: Watanabe & Olsen. Cationes de cambio: Cloruro bórico trietanolamina. Microelementos extraídos con DTPA.

4.- Análisis final de suelos. Año 2007

KUDAM
laboratorio

LABORATORIO KUDAM S.L.
P.I. CAÑADA DE FRANS, C/FRUTOS, 43
03190 PEÑAS DELA VIEJADADA (Alicante) España, carretera 137
Telf: 966 744 433 - 966 747 033 Fax: 965 95 22 38
Web: www.kudam.com

ENAC
ENSAYS
N.º 324.116.11003

FECHA ENTRADA MUESTRA:	10/8/2007
FECHA INICIO ENSAYO:	16/8/2007
FECHA FINAL ENSAYO:	17/8/2007

CÓDIGO CLIENTE: 2383 CLIENTE: I.M.I.D.A. DIRECCIÓN: C/ MAYOR, S/N C.P.: 30150 POBLACIÓN: LA ALBERCA TELÉFONO: 968366718	MUESTREO EXTERNO ENTREGADO POR: PEDRO PONCE ASENSIO TIPO MUESTRA: SUELO IDENTIFICACIÓN MUESTRA: 6575 gr. DE SUELO EN BOLSA DE PLÁSTICO
--	---

OBSERVACIONES: L-1
6/8/07

ANÁLISIS SOLICITADO (según tarifa R-060/20): SUE002

REFERENCIA MUESTRA: 128749

INFORME DE ENSAYO

Los resultados analíticos están expresados en las unidades correspondientes sobre muestra secada al aire.
RESULTADOS: Los resultados obtenidos, con su incertidumbre para un factor K=2 han sido los siguientes:
 La incertidumbre indicada corresponde a la incertidumbre expandida utilizando un valor de k=2, el cual corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%.

Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Extracto acuoso	1:2 (suelo:agua)		No Aplica		
pH (extracto acuoso 1:2, a 30.6°C)	7.73		± 0.20	SUE2400	
*Color	10YR 7/1 Gris		No Aplica	SUE1400	
SALINIDAD					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
Conductividad (extracto acuoso 1:2, a 25°C)	6.08	(mS/cm)	± 11 %	SUE2401	
*Cloruros (en el extracto acuoso)	20.98	(meq/l)	No Aplica	SUE2000	
*Sulfatos (en el extracto acuoso)	46.91	(meq/l)	No Aplica	SUE2000	
*Sodio (en el extracto acuoso)	20.24	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Sodio asimilable	1585.99	(ppm)	No Aplica	SUE2900	
*Bicarbonatos	1.36	(meq/l)	No Aplica	SUE0108	
FERTILIDAD					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Nitrógeno (Orgánico + Amónico)	0.20	(%)	No Aplica	SUE0300	
*Nitratos (en el extracto acuoso)	1776.92	(ppm)	No Aplica	SUE2000	
*Fósforo Asimilable	66.80	(ppm)	No Aplica	SUE2600	
*Potasio (en el extracto acuoso)	6.03	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Calcio (en el extracto acuoso)	31.03	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Magnesio (en el extracto acuoso)	20.36	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Potasio Asimilable	1751.47	(ppm)	No Aplica	SUE2900	
*Calcio asimilable	3278.18	(ppm)	No Aplica	SUE3000	
*Magnesio asimilable	838.37	(ppm)	No Aplica	SUE3000	
Materia Orgánica	> 4.40	(%)	± 16 %	SUE0201	
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Calcio de cambio	10.18	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Magnesio de cambio	2.83	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Potasio de cambio	3.27	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Sodio de cambio	2.85	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Capacidad de cambio	19.13	(meq/100g)	No Aplica	SUE0602	
MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Hierro asimilable	7.08	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Boro asimilable	2.78	(ppm)	No Aplica	SUE0502	
*Manganeso asimilable	11.20	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Cobre asimilable	1.82	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Cinc Asimilable	8.84	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Caliza total	39.50	(%)	No Aplica	SUE0800	
*Caliza activa	12.87	(%)	No Aplica	SUE0900	
ÍNDICES					
Índice	Resultado	(Unidades)	Índice	Resultado	(Unidades)
*Densidad aparente	1.15	(g/cc)	*Relación de Absorción de Sodio (SAR)	3.99	
*Relación Carbono/Nitrógeno	13.75		*Porcentaje de saturación de sodio	14.90	%
*Porcentaje de saturación		(g/kg)			

*TEXTURA (SUE1101) : Arcillosa

- Arena (22.5%)
- Limo (32.5%)
- Arcilla (45%)

ABREVIATURAS: **N.A.:** No Aplica **N.D.:** No Detectado **No Disp.:** No Disponible

LAS DETERMINACIONES MARCADAS CON UN ASTERISCO (*) EN ESTE INFORME ESTÁN EXCLUIDAS EN EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO.

INFORMACIÓN NO AMPARADA POR EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN
RESULTADOS FUERA DEL RANGO ACREDITADO



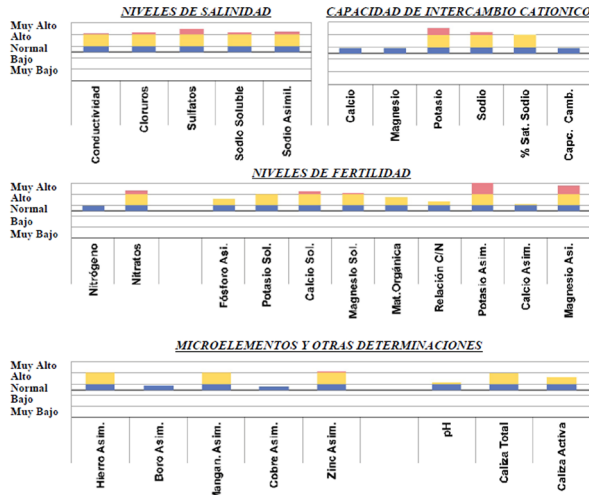
REFERENCIA MUESTRA: 128749

INFORME AGRONÓMICO

El presente informe consta de los siguientes apartados:

- 1.- Niveles.
- 2.- Extracto 1:2 (suelo:agua).
- 3.- Capacidad de Cambio Catiónico.
- 4.- Otras determinaciones.
- 5.- Consideraciones Finales.

1.- NIVELES.



R-022/02 Fecha de emisión: 17/08/2007 Página 1 de 4
Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.



REFERENCIA MUESTRA: 128749

4.- ELEMENTOS ASIMILABLES Y OTRAS DETERMINACIONES.

MICROELEMENTOS ASIMILABLES	ÓPTIMO	NORMAL	MUY ALTO
BORO (ppm):	2.78	1.50 - 3	9.59 Kg/ha
HIERRO (ppm):	7.08	2 - 4	24.43 Kg/ha
MANGANESO (ppm):	11.20	1 - 3	38.64 Kg/ha
COBRE (ppm):	1.82	1.20 - 2	6.28 Kg/ha
ZINC (ppm):	8.84	1.25 - 1.50	30.50 Kg/ha
MOLIBDENO (ppm):			
MACROELEMENTOS ASIMILABLES	ÓPTIMO	NORMAL	MUY ALTO
FOSFORO (ppm):	66.80	30 - 50	527.75 Kg(P2O5)/ha
SODIO (ppm):	1585.99	< 250	5471.67 Kg/ha
POTASIO (ppm):	1751.47	280 - 420	7251.09 Kg(K2O)/ha
CALCIO (ppm):	3278.18	1300 - 3200	15833.61 Kg(CaO)/ha
MAGNESIO (ppm):	838.37	140 - 460	4795.56 Kg(MgO)/ha
OTRAS DETERMINACIONES	ÓPTIMO	NORMAL	MUY ALTO
CALIZA TOTAL (%):	39.50	10 - 20	1362.75 Tn/ha
CALIZA ACTIVA (%):	12.87	6 - 9	444.02 Tn/ha
MATERIA ORGÁNICA (%):	4.74	3 - 4	163.53 Tn/ha
NITRÓGENO (ORGÁNICO+AMONICAL) (%):	0.20	0.10 - 0.21	6900.00 Kg(N)/ha

- Los valores de los cationes asimilables (Calcio, Magnesio, Potasio) junto con Fósforo, Materia Orgánica y Nitrógeno, informan del grado de fertilidad que presenta el suelo.
- El nivel de referencia para el Nitrógeno es el del Nitrógeno Orgánico y Amoniacal. Este suelo presenta una Relación Carbono/Nitrógeno ALTA (mayor que 12), lo que indicaría una escasa liberación de Nitrógeno nitrico.
- CARBONATO CÁLCICO. Tanto el "Total" como el "Activo" toman valores altos, lo que podría producir el bloqueo de ciertos nutrientes: Hierro(Clorsul Férrica), Zinc, Cobre, Manganeseo, Fósforo, Potasio y Magnesio. Se pueden ir amortiguando estos niveles excesivos mediante la aplicación de Ácidos en el abonado, así como para contrarrestar la absorción de estos nutrientes se pueden hacer aportaciones extras de Materia Orgánica.
- La densidad aparente (Da) es la razón de la masa de suelo seco al volumen de dicho suelo en un estado natural, es decir, considerando el volumen que ocupan las partículas sólidas y los poros. El método, utilizado para calcular la densidad aparente es la ecuación de regresión múltiple propuesta por Santos, F. (1979) que se expresa a continuación:
 $Da (g/cm^3) = 1.5456 + ((0.0015 \% \text{Arenas}) - (0.0022 \% \text{Arcilla}) - (0.0707 \% \text{Materia Orgánica}))$
- TEXTURA. Se trata de un suelo "pesado", con alta capacidad de retención de agua y abonos.
- COLOR. Es una propiedad importante en el reconocimiento y clasificación de los suelos y en la fotointerpretación. La nomenclatura está basada en la tabla Munsell (matiz, brillo e intensidad). Entre las diferentes coloraciones nos podemos encontrar: Rojos y Amarillos (presencia de óxidos de Hierro en sus diversos estados de hidratación), Blancos (presencia de Caliza, Yeso, Cuarzo, Arcillas decoloradas o infrecuencias salinas de Cloruros y Sulfatos), Negros (materia Orgánica) y Grises (mezcla de blancos y negros).

R-022/02 Fecha de emisión: 17/08/2007 Página 3 de 4
Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.



REFERENCIA MUESTRA: 128749

2.-EXTRACTO 1:2 (SUELO:AGUA).

DETERMINACION	VALOR	NIVELES OPTIMOS (mmol/l)		
pH	7.73	6.50 - 7.50		
Conductividad eléctrica S.A.R.	6.08	0.75 - 1.50		
	3.99	<10		
Elementos en el extracto	mg/l	meq/l	mmol/l	NIVELES OPTIMOS (mmol/l)
Sulfatos	15536.59 Kg/ha	2251.68	46.91	23.46
Cloruros	5139.05 Kg/ha	744.79	20.98	20.98
Nitratos	1384.28 Kg(N)/ha	888.46	14.33	14.33
Sodio	3212.09 Kg/ha	465.52	20.24	20.24
Potasio	1952.20 Kg(K2O)/ha	235.77	6.03	6.03
Calcio	5995.00 Kg(CaO)/ha	620.60	31.03	15.52
Magnesio	2831.41 Kg(MgO)/ha	247.37	20.36	10.18

- Concentración de Sales. presenta niveles muy altos en Sodio, Cloruros y Sulfatos.
- Conductividad en el Extracto 1:2 (suelo:agua), 6.08 mmho/cm califica este suelo como muy salino/mayor a igual a 5). Hay que considerar que nutrientes como Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos, también contribuyen en la conductividad.
- pH (reacción del suelo). Alcanza un nivel alto.

3.- CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONICO (C.I.C).

DETERMINACION	mg/100 g suelo	ÓPTIMO	ppm	(%)	NIVEL
C.I.C.(suma de cationes)	19.13	10 - 20			NORMAL
Calcio	10.18	6 - 10.50	2036.00	53.21	NORMAL
Magnesio	2.85	1.30 - 3	343.85	14.79	NORMAL
Potasio	3.27	0.70 - 1.20	1278.57	17.09	MUY ALTO
Sodio	2.85	< 0.50	655.50	14.90	MUY ALTO
Relación Calcio/Magnesio	3.60	1 - 10			NORMAL
Relación Potasio/Magnesio	1.16	0.20 - 0.50			ALTO
Saturación Sodio (%)	14.9	< 7			ALTO

- Es la posibilidad que tiene un suelo de retener elementos en forma catiónica en suelos alcalinos. El mayor o menor valor de esta retención dependerá del contenido de Arcilla y Materia Orgánica, con valores altos de estos dos parámetros mayor capacidad de intercambio presenta un suelo.
- La C.I.C., en suelos alcalinos, coincide con la suma de los Cationes de Cambio. Los Cationes de Cambio (sodio, potasio, calcio y magnesio) se determinan como la diferencia entre los elementos asimilables y los solubles, medidos en el extracto acuoso.
- Saturación de Sodio (mide el grado de sodificación del suelo), 14.90%, clasifica este suelo como ligeramente sódico (entre 7 y 15).

R-022/02 Fecha de emisión: 17/08/2007 Página 2 de 4
Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.



REFERENCIA MUESTRA: 128749

5.- CONSIDERACIONES FINALES.

- SALINIDAD.** Muy Salino. Los iones más tóxicos, Sodio y Cloruros se encuentran en una concentración muy alta. La sodicidad del Suelo o Saturación de Sodio es ligera.
- FERTILIDAD.** De los datos observados en la tabla de fertilidad, el Nitrógeno Amoniacal y Orgánico, presenta un nivel normal, así como el valor de la Materia Orgánica es alto, para este tipo de suelo; el Nitrógeno Nitrico, muy alto, esta fracción de Nitrógeno es bastante fluctuante. El Fósforo asimilable toma un valor alto. Potasio asimilable, presenta nivel muy alto.
- OTRAS DETERMINACIONES.** Destacar, que es un suelo pesado (alto porcentaje de arcilla), con contenido alto de Caliza, y pH alto

R-022/02 Fecha de emisión: 17/08/2007 Página 4 de 4
Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.



LABORATORIO KUDAM S.L.
P.O. CAJADA DE PRAES, C/ FENITORES, 41
03019 PIZAR DE LA VIGORADA (Alicante) Apdo. correo 137
Tel: 966 766 403 - 966 747 033 Fax: 965 35 22 38
Web: www.kudam.com



FECHA ENTRADA MUESTRA: 10/8/2007
FECHA INICIO ENSAYO: 17/8/2007
FECHA FINAL ENSAYO: 22/8/2007

CÓDIGO CLIENTE: 2383	MUESTREO EXTERNO
CLIENTE: I.M.I.D.A.	ENTREGADO POR: PEDRO PONCE ASENSIO
DIRECCIÓN: C/ MAYOR, S/N	TIPO MUESTRA: SUELO
C.P.: 30150	IDENTIFICACIÓN MUESTRA: 5808 gr. DE SUELO EN BOLSA DE PLASTICO
POBLACIÓN: LA ALBERCA	
TELÉFONO: 968386718	

OBSERVACIONES: L-2
8/8/07

ANÁLISIS SOLICITADO (según tarifa R-060/20): SUE002

REFERENCIA MUESTRA: 128750

INFORME DE ENSAYO

Los resultados analíticos están expresados en las unidades correspondientes sobre muestra secada al aire.
RESULTADOS: Los resultados obtenidos, con su incertidumbre para un factor K=2 han sido los siguientes:
La incertidumbre indicada corresponde a la incertidumbre expandida utilizando un valor de k=2, el cual corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%

Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Extracto acuoso	1:2 (suelo:agua)		No Aplica		
pH (extracto acuoso 1:2, a 30.5°C)	7.68		± 0.20	SUE2400	
*Color	10YR 4/1 Gris oscuro		No Aplica	SUE1400	
SALINIDAD					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
Conductividad (extracto acuoso 1:2, a 25°C)	6.60	(mS/cm)	± 11 %	SUE2401	
*Cloruros (en el extracto acuoso)	23.30	(meq/l)	No Aplica	SUE2000	
*Sulfatos (en el extracto acuoso)	46.22	(meq/l)	No Aplica	SUE2000	
*Sodio (en el extracto acuoso)	23.85	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Sodio asimilable	1395.17	(ppm)	No Aplica	SUE2900	
*Bicarbonatos	1.20	(meq/l)	No Aplica	SUE0108	
FERTILIDAD					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Nitrógeno (Orgánico + Amónico)	0.27	(%)	No Aplica	SUE0300	
*Nitratos (en el extracto acuoso)	2184.88	(ppm)	No Aplica	SUE2000	
*Fósforo Asimilable	329.40	(ppm)	No Aplica	SUE2600	
*Potasio (en el extracto acuoso)	8.44	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Calcio (en el extracto acuoso)	37.68	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Magnesio (en el extracto acuoso)	23.18	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Potasio Asimilable	1704.70	(ppm)	No Aplica	SUE2900	
*Calcio asimilable	4810.84	(ppm)	No Aplica	SUE3000	
*Magnesio asimilable	1174.16	(ppm)	No Aplica	SUE3000	
Materia Orgánica	> 4.40	(%)	± 16 %	SUE0201	
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Calcio de cambio	16.52	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Magnesio de cambio	5.02	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Potasio de cambio	2.67	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Sodio de cambio	1.30	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Capacidad de cambio	25.51	(meq/100g)	No Aplica	SUE0602	
MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Hierro asimilable	20.02	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Boro asimilable	2.96	(ppm)	No Aplica	SUE0502	
*Manganeso asimilable	15.42	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Cobre asimilable	3.38	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Cinc Asimilable	13.54	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Caliza total	40.25	(%)	No Aplica	SUE0800	
*Caliza activa	14.11	(%)	No Aplica	SUE0900	
ÍNDICES					
Índice	Resultado	(Unidades)	Índice	Resultado	(Unidades)
*Densidad aparente	1.15	(g/cc)	*Relación de Absorción de Sodio (SAR)	4.32	
*Relación Carbono/Nitrógeno	10.57		*Porcentaje de saturación de sodio	5.10	%
*Porcentaje de saturación		(g/kg)			

*TEXTURA (SUE1101): Arcillosa



Arena (27.5%)
Limo (32.5%)
Arcilla (40%)

ABREVIATURAS: **NA:** No Aplica **ND:** No Detectado **No Disp.:** No Disponible

LAS DETERMINACIONES MARCADAS CON UN ASTERISCO (*) EN ESTE INFORME ESTÁN EXCLUIDAS EN EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO.

INFORMACIÓN NO AMPARADA POR EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

RESULTADOS FUERA DEL RANGO ACREDITADO

Determinaciones	Resultado	(Unidades)
Materia Orgánica	4.92	(%)



REFERENCIA MUESTRA: 128750

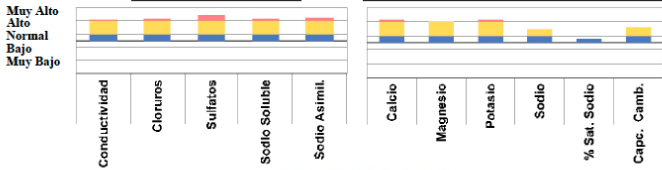
INFORME AGRONÓMICO

El presente informe consta de los siguientes apartados:

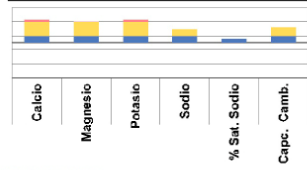
- 1.- Niveles.
- 2.- Extracto 1:2 (suelo:agua).
- 3.- Capacidad de Cambio Catiónico.
- 4.- Otras determinaciones.
- 5.- Consideraciones Finales.

1.- NIVELES.

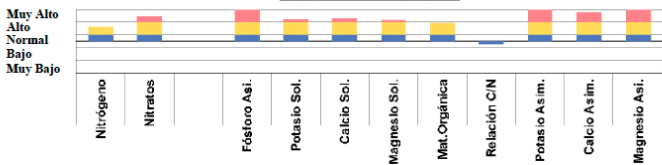
NIVELES DE SALINIDAD



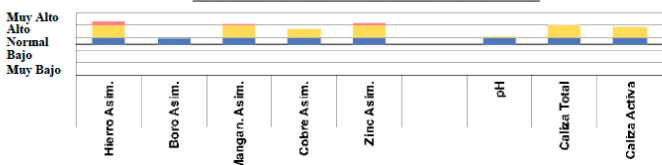
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO



NIVELES DE FERTILIDAD



MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES



R-022/02

Fecha de emisión: 22/08/2007

Página 1 de 4

Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.



REFERENCIA MUESTRA: 128750

4.- ELEMENTOS ASIMILABLES Y OTRAS DETERMINACIONES.

MICROELEMENTOS ASIMILABLES	ÓPTIMO		
BORO (ppm):	2.96	1.50 - 3	NORMAL
HIERRO (ppm):	20.02	2 - 4	MUY ALTO
MANGANESO (ppm):	13.24	1 - 3	MUY ALTO
COBRE (ppm):	3.38	1.30 - 3	ALTO
ZINC (ppm):	13.54	1.25 - 2.50	MUY ALTO
MOLIBDENO (ppm):			
MACROELEMENTOS ASIMILABLES	ÓPTIMO		
FÓSFORO (ppm):	329.40	30 - 50	MUY ALTO
SODIO (ppm):	1395.17	< 250	MUY ALTO
POTASIO (ppm):	1704.70	280 - 420	MUY ALTO
CALCIO (ppm):	4810.84	1300 - 3200	MUY ALTO
MAGNESIO (ppm):	1174.16	140 - 460	MUY ALTO
OTRAS DETERMINACIONES	ÓPTIMO		
CALIZA TOTAL (%):	40.25	10 - 20	MUY ALTO
CALIZA ACTIVA (%):	14.11	6 - 9	ALTO
MATERIA ORGÁNICA (%):	4.92	3 - 4	ALTO
NITRÓGENO (ORGÁNICO+AMONIAICAL) (%):	0.27	0.10 - 0.21	ALTO

- Los valores de los cationes asimilables (Calcio, Magnesio, Potasio) junto con Fósforo, Materia Orgánica y Nitrógeno, informan del grado de fertilidad que presenta el suelo.
- El nivel de referencia para el Nitrógeno es el del Nitrógeno Orgánico y Amónico. Este suelo presenta una Relación Carbono/Nitrógeno NORMAL (entre 10 y 12), lo que indicaría una equilibrada liberación de Nitrógeno nitrato.
- CARBONATO CÁLCICO, el "Total" toma valores muy altos; el "Activo" toma valores altos, lo que podría producir el bloqueo de ciertos nutrientes: Hierro (clorosis Férrica), Zinc, Cobre, Manganeseo, Fósforo, Potasio y Magnesio. Se pueden ir amortiguando estos niveles excesivos mediante la aplicación de Ácidos en el abonado, así como para contrarrestar la absorción de estos nutrientes se pueden hacer aportaciones extras de Materia Orgánica.
- La densidad aparente (Da) es la razón de la masa de suelo seco al volumen de dicho suelo en su estado natural, es decir, considerando el volumen que ocupan las partículas sólidas y los poros. El método, utilizado para calcular la densidad aparente es la ecuación de regresión múltiple propuesta por Santos, F. (1979) que se expresa a continuación:
 $Da (g/cm^3) = 1.5456 + \{(0.0015 \% \text{Arcilla}) - (0.0022 \% \text{Materia Orgánica})\}$
- TEXTURA. Se trata de un suelo "pesado", con alta capacidad de retención de agua y abonos.
- COLOR. Es una propiedad importante en el reconocimiento y clasificación de los suelos y en la fotointerpretación. La nomenclatura está basada en la tabla Munsell (matiz, brillo e intensidad). Entre las diferentes coloraciones nos podemos encontrar: Rojos y Amarillos (presencia de óxidos de Hierro en sus diversos estados de hidratación). Blancos (presencia de Caliza, Yeso, Cuarzo, Arcillas decoloradas o inflorescencias salinas de Cloruros y Sulfatos), Negros (materia Orgánica) y Grises (mezcla de blancos y negros).



REFERENCIA MUESTRA: 128750

2.- EXTRACTO 1:2 (SUELO:AGUA).

DETERMINACION					NIVELES ÓPTIMOS
pH	7.68				6.50 - 7.50
Conductividad eléctrica S.A.R.	6.60				0.75 - 1.50
	4.32				< 10
Elementos en el extracto		mg/l	meq/l	mmol/l	NIVELES ÓPTIMOS (mmol/l)
Sulfatos	15308.06 Kg/Ha	2218.56	46.22	23.11	< 2
Cloruros	5707.34 Kg/Ha	827.15	23.30	23.30	< 3
Nitratos	1702.09 Kg/Ha	1092.44	17.62	17.62	1.50 - 4
Sodio	3785.00 Kg/Ha	548.55	23.85	23.85	< 3
Potasio	2732.43 Kg/Ha	330.00	8.44	8.44	0.75 - 2
Calcio	7279.78 Kg/Ha	753.60	37.68	18.84	1 - 2
Magnesio	3223.38 Kg/Ha	281.64	23.18	11.59	0.63 - 2
Fosfatos					

- Concentración de Sales, presenta niveles muy altos en Sodio, Cloruros y Sulfatos.
- Conductividad en el Extracto 1:2 (suelo:agua), 6.6 mmho/cm califican este suelo como muy salino (mayor o igual a 5). Hay que considerar que nutrientes como Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos, también contribuyen en la conductividad.
- pH (reacción del suelo). Alcanza un nivel alto.

3.- CAPACIDAD DE CAMBIO CATIÓNICO (C.I.C.).

DETERMINACION	meq/100 g suelo	ÓPTIMO	ppm	(%)	NIVEL	
C.I.C. (suma de cationes)	25.51	10 - 20			ALTO	-
Calcio	16.52	6 - 10.50	3304.00	64.76	MUY ALTO	15990.24 Kg(CaO)/Ha
Magnesio	5.02	1.30 - 3	609.93	19.68	MUY ALTO	3491.74 Kg(MgO)/Ha
Potasio	2.67	0.70 - 1.20	1043.97	10.47	MUY ALTO	4322.04 Kg(K2O)/Ha
Sodio	1.30	< 0.50	299.00	5.10	ALTO	1031.55 Kg/Ha
Relación Calcio/Magnesio	3.29	1 - 10			NORMAL	-
Relación Potasio/Magnesio	0.53	0.20 - 0.50			ALTO	-
Saturación Sodio (%)	5.1	< 7			NORMAL	-

- Es la posibilidad que tiene un suelo de retener elementos en forma catiónica en suelos alcalinos. El mayor o menor valor de esta retención dependerá del contenido de Arcilla y Materia Orgánica, con valores altos de estos dos parámetros mayor capacidad de intercambio presenta un suelo.
- La C.I.C., en suelos alcalinos, coincide con la suma de los Cationes de Cambio. Los Cationes de Cambio (sodio, potasio, calcio y magnesio) se determinan como la diferencia entre los elementos asimilables y los solubles, medidos en el extracto acuoso.
- Saturación de Sodio (mide el grado de sodificación del suelo), 5.10%, clasifica este suelo como normal (menor de 7).

R-022/02

Fecha de emisión: 22/08/2007

Página 2 de 4

Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.



REFERENCIA MUESTRA: 128750

5.- CONSIDERACIONES FINALES.

- SALINIDAD.** Muy Salino. Los iones más tóxicos, Sodio y Cloruros se encuentran en una concentración muy alta. La sodicidad del Suelo o Saturación de Sodio es normal.
- FERTILIDAD.** De los datos observados en la tabla de fertilidad, el Nitrógeno Amónico y Orgánico, presenta un nivel alto, así como el valor de la Materia Orgánica, para este tipo de suelo; el Nitrógeno Nitrato, muy alto, esta fracción de Nitrógeno es bastante fluctuante. El Fósforo asimilable toma un valor muy alto. Potasio asimilable, presenta nivel muy alto.
- OTRAS DETERMINACIONES.** Destacar, que es un suelo pesado (alto porcentaje de arcilla), con contenido muy alto de Caliza, y pH alto



LABORATORIO KUDAM S.L.
F1 CALIADA DE PRAES O PINTORES, 41
01190 PLAZA DE LA HORADADA (Alcazar) Agda. correo 157
Telf: 968 764 409 - 968 767 913 Fax: 968 35 22 36
Web: www.kudam.com



FECHA ENTRADA MUESTRA: 10/8/2007
FECHA INICIO ENSAYO: 17/8/2007
FECHA FINAL ENSAYO: 20/8/2007

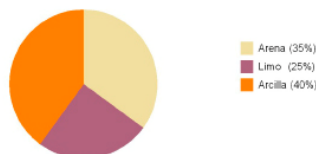
CÓDIGO CLIENTE: 2383	MUESTREO EXTERNO
CLIENTE: I.M.I.D.A.	ENTREGADO POR: PEDRO PONCE ASENSIO
DIRECCIÓN: C/ MAYOR, S/N	TIPO MUESTRA: SUELO
C.P.: 30150	IDENTIFICACIÓN MUESTRA: 4858 gr. DE SUELO EN BOLSA DE PLÁSTICO
POBLACIÓN: LA ALBERCA	
TELÉFONO: 968386718	
OBSERVACIONES: L-3 8/8/07	
ANÁLISIS SOLICITADO (según tarifa R-060/20): SUE002	
REFERENCIA MUESTRA: 128751	

INFORME DE ENSAYO

Los resultados analíticos están expresados en las unidades correspondientes sobre muestra secada al aire.
RESULTADOS: Los resultados obtenidos, con su incertidumbre para un factor K=2 han sido los siguientes:
La incertidumbre indicada corresponde a la incertidumbre expandida utilizando un valor de k=2, el cual corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%

Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Extracto acuoso	1:2 (suelo:agua)		No Aplica		
pH (extracto acuoso 1:2, a 30.4°C)	7.75		± 0.20	SUE2400	
*Color	10YR 4/1 Gris oscuro		No Aplica	SUE1400	
SALINIDAD					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
Conductividad (extracto acuoso 1:2, a 25°C)	6.07	(mS/cm)	± 11 %	SUE2401	
*Cloruros (en el extracto acuoso)	20.47	(meq/l)	No Aplica	SUE2000	
*Sulfatos (en el extracto acuoso)	48.22	(meq/l)	No Aplica	SUE2000	
*Sodio (en el extracto acuoso)	18.80	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Sodio asimilable	1765.17	(ppm)	No Aplica	SUE2900	
*Bicarbonatos	1.08	(meq/l)	No Aplica	SUE0108	
FERTILIDAD					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Nitrógeno (Orgánico + Amónico)	0.24	(%)	No Aplica	SUE0300	
*Nitratos (en el extracto acuoso)	2008.80	(ppm)	No Aplica	SUE2000	
*Fósforo Asimilable	425.20	(ppm)	No Aplica	SUE2600	
*Potasio (en el extracto acuoso)	6.72	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Calcio (en el extracto acuoso)	33.27	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Magnesio (en el extracto acuoso)	21.45	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Potasio Asimilable	2176.02	(ppm)	No Aplica	SUE2900	
*Calcio asimilable	4996.06	(ppm)	No Aplica	SUE3000	
*Magnesio asimilable	1316.47	(ppm)	No Aplica	SUE3000	
Materia Orgánica	> 4.40	(%)	± 16 %	SUE0201	
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Calcio de cambio	18.33	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Magnesio de cambio	6.54	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Potasio de cambio	4.22	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Sodio de cambio	3.91	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Capacidad de cambio	33.00	(meq/100g)	No Aplica	SUE0602	
MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Hierro asimilable	16.28	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Boro asimilable	2.42	(ppm)	No Aplica	SUE0502	
*Manganeso asimilable	14.30	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Cobre asimilable	2.92	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Cinc Asimilable	14.22	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Caliza total	42.74	(%)	No Aplica	SUE0800	
*Caliza activa	14.11	(%)	No Aplica	SUE0900	
INDICES					
Índice	Resultado	(Unidades)	Índice	Resultado	(Unidades)
*Densidad aparente	1.09	(g/cc)	*Relación de Absorción de Sodio (SAR)	3.59	
*Relación Carbono/Nitrógeno	14.21		*Porcentaje de saturación de sodio	11.85	%
*Porcentaje de saturación		(g/kg)			

*TEXTURA (SUE1101) : Arcillosa



ABREVIATURAS: **NA:** No Aplica **ND:** No Detectado **No Disp.:** No Disponible

LAS DETERMINACIONES MARCADAS CON UN ASTERISCO (*) EN ESTE INFORME ESTÁN EXCLUIDAS EN EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO.

INFORMACIÓN NO AMPARADA POR EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

RESULTADOS FUERA DEL RANGO ACREDITADO

Determinaciones	Resultado	(Unidades)
Materia Orgánica	5.88	(%)



LABORATORIO KUDAM S.L.
P.I. CAÑADA DE PRAES, C/ FORTORES, 41
01010 PEAR DE LA HORADADA (Almería) Apdo. correo 137
Telf. 966 766 401 - 966 767 033 Fax: 966 35 22 38
Web: www.kudam.com

REFERENCIA MUESTRA: 128751



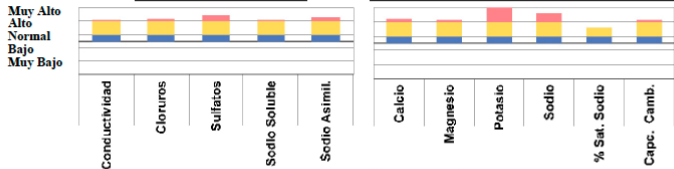
INFORME AGRONÓMICO

El presente informe consta de los siguientes apartados:

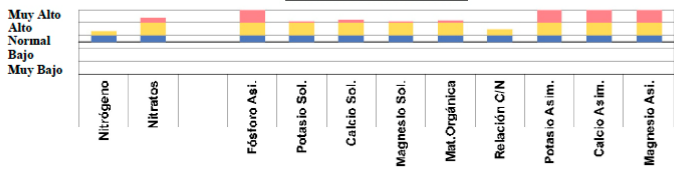
- 1.- Niveles.
- 2.- Extracto 1:2 (suelo:agua).
- 3.- Capacidad de Cambio Catiónico.
- 4.- Otras determinaciones.
- 5.- Consideraciones Finales.

1.- NIVELES.

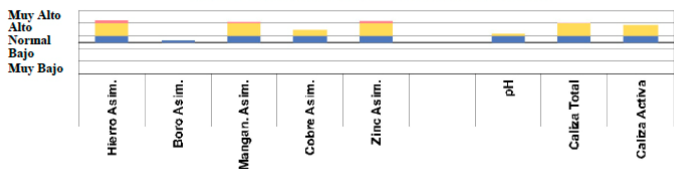
NIVELES DE SALINIDAD



NIVELES DE FERTILIDAD



MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES



R-022/02

Fecha de emisión: 20/08/2007

Página 1 de 4

Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.



LABORATORIO KUDAM S.L.
P.I. CAÑADA DE PRAES, C/ FORTORES, 41
01010 PEAR DE LA HORADADA (Almería) Apdo. correo 137
Telf. 966 766 401 - 966 767 033 Fax: 966 35 22 38
Web: www.kudam.com

REFERENCIA MUESTRA: 128751



4.- ELEMENTOS ASIMILABLES Y OTRAS DETERMINACIONES.

MICROELEMENTOS ASIMILABLES	ÓPTIMO		
BORO (ppm):	2.42	1.50 - 3	NORMAL 7.91 Kg/Ha
HIERRO (ppm):	16.28	2 - 4	MUY ALTO 53.24 Kg/Ha
MANGANESO (ppm):	14.30	1 - 3	MUY ALTO 46.76 Kg/Ha
COBRE (ppm):	2.92	1.20 - 2	ALTO 9.55 Kg/Ha
ZINC (ppm):	14.22	1.25 - 2.50	MUY ALTO 46.50 Kg/Ha
MOLIBDENO (ppm):			
MACROELEMENTOS ASIMILABLES	ÓPTIMO		
FÓSFORO (ppm):	425.20	30 - 50	MUY ALTO 3184.03 Kg(P2O5)/Ha
SODIO (ppm):	1765.17	< 250	MUY ALTO 5772.11 Kg/Ha
POTASIO (ppm):	2176.02	280 - 420	MUY ALTO 8538.70 Kg(K2O)/Ha
CALCIO (ppm):	4996.06	1300 - 3200	MUY ALTO 22871.96 Kg(CaO)/Ha
MAGNESIO (ppm):	1316.47	140 - 460	MUY ALTO 7137.45 Kg(MgO)/Ha
OTRAS DETERMINACIONES	ÓPTIMO		
CALIZA TOTAL (%):	42.74	10 - 20	MUY ALTO 1397.60 Tn/Ha
CALIZA ACTIVA (%):	14.11	6 - 9	ALTO 461.40 Tn/Ha
MATERIA ORGÁNICA (%):	5.88	3 - 4	MUY ALTO 192.28 Tn/Ha
NITRÓGENO (ORGÁNICO+AMONIACAL) (%):	0.24	0.10 - 0.21	ALTO 7848.00 Kg(N)/Ha

- Los valores de los cationes asimilables (Calcio, Magnesio, Potasio) junto con Fósforo, Materia Orgánica y Nitrógeno, informan del grado de fertilidad que presenta el suelo.
- El nivel de referencia para el Nitrógeno es el del Nitrógeno Orgánico y Amoniacal. Este suelo presenta una Relación Carbono/Nitrógeno ALTA (mayor que 12), lo que indicaría una escasa liberación de Nitrógeno nitrato.
- CARBONATO CÁLCICO, el "Total" toma valores muy altos; el "Activo" toma valores altos, lo que podría producir el bloqueo de ciertos nutrientes: Hierro (clorosis Férrica), Zinc, Cobre, Manganeso, Fósforo, Potasio y Magnesio. Se pueden ir amortiguando estos niveles excesivos mediante la aplicación de Ácidos en el abonado, así como para contrarrestar la absorción de estos nutrientes se pueden hacer aportaciones extras de Materia Orgánica.
- La densidad aparente (Da) es la razón de la masa de suelo seco al volumen de dicho suelo en su estado natural, es decir, considerando el volumen que ocupan las partículas sólidas y los poros. El método, utilizado para calcular la densidad aparente es la ecuación de regresión múltiple propuesta por Santos, F. (1979) que se expresa a continuación:
 $Da (g/cm^3) = 1.5456 + \{(0.0015 \% \text{Arena}) - (0.0022 \% \text{Arcilla}) - (0.0707 \% \text{Materia Orgánica})\}$
- TEXTURA. Se trata de un suelo "pesado", con alta capacidad de retención de agua y abonos.
- COLOR. Es una propiedad importante en el reconocimiento y clasificación de los suelos y en la fotointerpretación. La nomenclatura está basada en la tabla Munsell (matiz, brillo e intensidad). Entre las diferentes coloraciones nos podemos encontrar: Rojos y Amarillos (presencia de óxidos de Hierro en sus diversos estados de hidratación), Blancos (presencia de Caliza, Yeso, Cuarzo, Arcillas decoloradas o inflorescencias salinas de Cloruros y Sulfatos), Negros (materia Orgánica) y Grises (mezcla de blancos y negros).



LABORATORIO KUDAM S.L.
P.I. CAÑADA DE PRAES, C/ FORTORES, 41
01010 PEAR DE LA HORADADA (Almería) Apdo. correo 137
Telf. 966 766 401 - 966 767 033 Fax: 966 35 22 38
Web: www.kudam.com

REFERENCIA MUESTRA: 128751



2.- EXTRACTO 1:2 (SUELO:AGUA).

DETERMINACIÓN		NIVELES ÓPTIMOS		
pH	7.75	6.50 - 7.50		
Conductividad eléctrica	6.07	0.75 - 1.50		
S.A.R.	3.59	< 10		
Elementos en el extracto		mg/l	meq/l	mmol/l
Sulfatos	15137.22 Kg/Ha	2314.56	48.22	24.11
Cloruros	4752.52 Kg/Ha	726.69	20.47	20.47
Nitratos	1483.27 Kg/Ha	1004.40	16.20	16.20
Sodio	2827.90 Kg/Ha	432.40	18.80	18.80
Potasio	2062.08 Kg(K2O)/Ha	262.75	6.72	6.72
Calcio	6092.40 Kg(CaO)/Ha	665.40	33.27	16.64
Magnesio	2827.36 Kg(MgO)/Ha	260.62	21.45	10.73
Fosfatos				

- Concentración de Sales, presenta niveles muy altos en Sodio, Cloruros y Sulfatos.
- Conductividad en el Extracto 1:2 (suelo:agua), 6.07 mmho/cm califican este suelo como muy salino (mayor o igual a 5). Hay que considerar que nutrientes como Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos, también contribuyen en la conductividad.
- pH (reacción del suelo). Alcanza un nivel alto.

3.- CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONICO (C.I.C.).

DETERMINACIÓN	meq/100 g suelo	ÓPTIMO	ppm	(%)	NIVEL
C.I.C. (suma de cationes)	33.00	10 - 20			MUY ALTO
Calcio	18.33	6 - 10.50	3666.00	55.55	MUY ALTO 16816.51 Kg(CaO)/Ha
Magnesio	6.54	1.30 - 3	794.61	19.82	MUY ALTO 4311.66 Kg(MgO)/Ha
Potasio	4.22	0.70 - 1.20	1650.02	12.79	MUY ALTO 6474.68 Kg(K2O)/Ha
Sodio	3.91	< 0.50	899.30	11.85	MUY ALTO 2940.71 Kg/Ha
Relación Calcio/Magnesio	2.80	1 - 10			NORMAL
Relación Potasio/Magnesio	0.65	0.20 - 0.50			ALTO
Saturación Sodio (%)	11.85	< 7			ALTO

- Es la posibilidad que tiene un suelo de retener elementos en forma catiónica en suelos alcalinos. El mayor o menor valor de esta retención dependerá del contenido de Arcilla y Materia Orgánica, con valores altos de estos dos parámetros mayor capacidad de intercambio presenta un suelo.
- La C.I.C., en suelos alcalinos, coincide con la suma de los Cationes de Cambio. Los Cationes de Cambio (sodio, potasio, calcio y magnesio) se determinan como la diferencia entre los elementos asimilables y los solubles, medidos en el extracto acuoso.
- Saturación de Sodio (mide el grado de sodificación del suelo), 11.85%, clasifica este suelo como ligeramente sódico (entre 7 y 15).

R-022/02

Fecha de emisión: 20/08/2007

Página 2 de 4

Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.



LABORATORIO KUDAM S.L.
P.I. CAÑADA DE PRAES, C/ FORTORES, 41
01010 PEAR DE LA HORADADA (Almería) Apdo. correo 137
Telf. 966 766 401 - 966 767 033 Fax: 966 35 22 38
Web: www.kudam.com

REFERENCIA MUESTRA: 128751



5.- CONSIDERACIONES FINALES.

- SALINIDAD.** Muy Salino. Los iones más tóxicos, Sodio y Cloruros se encuentran en una concentración muy alta. La sodicidad del Suelo o Saturación de Sodio es ligera.
- FERTILIDAD.** De los datos observados en la tabla de fertilidad, el Nitrógeno Amoniacal y Orgánico, presenta un nivel alto, así como el valor de la Materia Orgánica es muy alto, para este tipo de suelo; el Nitrógeno Nitrato, muy alto, esta fracción de Nitrógeno es bastante fluctuante. El Fósforo asimilable toma un valor muy alto. Potasio asimilable, presenta nivel muy alto.
- OTRAS DETERMINACIONES.** Destacar, que es un suelo pesado (alto porcentaje de arcilla), con contenido muy alto de Caliza, y pH alto



LABORATORIO KUDAM S.L.
P.I. CAÑADA DE PRAES, C/ FINTORES, 41
01100 PRAES (BA) LA MORADEDA (obisense) Apdo. correo 137
Telfs: 966 766 493 - 966 767 013 Fax: 966 35 23 38
Web: www.kudam.com



FECHA ENTRADA MUESTRA: 10/8/2007
FECHA INICIO ENSAYO: 17/8/2007
FECHA FINAL ENSAYO: 20/8/2007

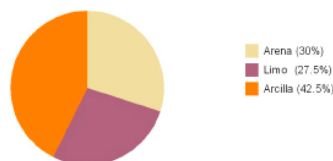
CÓDIGO CLIENTE: 2383	MUESTREO EXTERNO
CLIENTE: I.M.I.D.A.	ENTREGADO POR: PEDRO PONCE ASENSIO
DIRECCIÓN: C/ MAYOR, S/N	TIPO MUESTRA: SUELO
C.P.: 30150	IDENTIFICACIÓN MUESTRA: 4065 gr. DE SUELO EN BOLSA DE PLASTICO
POBLACIÓN: LA ALBERCA	
TELÉFONO: 9683066718	
OBSERVACIONES: L-4 0/8/07	
ANÁLISIS SOLICITADO (según tarifa R-060/20): SUE002	
REFERENCIA MUESTRA: 128752	

INFORME DE ENSAYO

Los resultados analíticos están expresados en las unidades correspondientes sobre muestra secada al aire.
RESULTADOS: Los resultados obtenidos, con su incertidumbre para un factor K=2 han sido los siguientes:
La incertidumbre indicada corresponde a la incertidumbre expandida utilizando un valor de k=2, el cual corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%

Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método
*Extracto acuoso	1:2 (suelo:agua)		No Aplica	
pH (extracto acuoso 1:2, a 30.3 °C)	7.79		± 0.20	SUE2400
*Color	10YR 4/1 Gris oscuro		No Aplica	SUE1400
SALINIDAD				
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método
Conductividad (extracto acuoso 1:2, a 25°C)	6.92	(mS/cm)	± 11 %	SUE2401
*Cloruros (en el extracto acuoso)	26.03	(meq/l)	No Aplica	SUE2000
*Sulfatos (en el extracto acuoso)	47.57	(meq/l)	No Aplica	SUE2000
*Sodio (en el extracto acuoso)	23.13	(meq/l)	No Aplica	SUE2800
*Sodio asimilable	1719.23	(ppm)	No Aplica	SUE2900
*Bicarbonatos	1.04	(meq/l)	No Aplica	SUE0108
FERTILIDAD				
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método
*Nitrógeno (Orgánico + Amónico)	0.23	(%)	No Aplica	SUE0300
*Nitratos (en el extracto acuoso)	2844.56	(ppm)	No Aplica	SUE2000
*Fósforo Asimilable	338.00	(ppm)	No Aplica	SUE2600
*Potasio (en el extracto acuoso)	5.86	(meq/l)	No Aplica	SUE2800
*Calcio (en el extracto acuoso)	36.94	(meq/l)	No Aplica	SUE2800
*Magnesio (en el extracto acuoso)	25.81	(meq/l)	No Aplica	SUE2800
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO				
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método
*Calcio de cambio	16.59	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705
*Magnesio de cambio	9.32	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705
*Potasio de cambio	2.48	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705
*Sodio de cambio	2.85	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705
*Capacidad de cambio	31.24	(meq/100g)	No Aplica	SUE0602
MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES				
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método
*Hierro asimilable	9.30	(ppm)	No Aplica	SUE2700
*Boro asimilable	1.48	(ppm)	No Aplica	SUE0502
*Manganeso asimilable	17.44	(ppm)	No Aplica	SUE2700
*Cobre asimilable	3.34	(ppm)	No Aplica	SUE2700
*Cinc Asimilable	11.46	(ppm)	No Aplica	SUE2700
*Caliza total	43.15	(%)	No Aplica	SUE0800
*Caliza activa	14.36	(%)	No Aplica	SUE0900
ÍNDICES				
Índice	Resultado (Unidades)	Índice	Resultado (Unidades)	
*Densidad aparente	1.06 (g/cc)	*Relación de Absorción de Sodio (SAR)	4.13	
*Relación Carbono/Nitrógeno	15.74	*Porcentaje de saturación de sodio	9.12 %	
*Porcentaje de saturación	(g/kg)			

*TEXTURA (SUE1101) : Arcillosa



ABREVIATURAS: **N.A.:** No Aplica **N.D.:** No Detectado **No Disp.:** No Disponible

LAS DETERMINACIONES MARCADAS CON UN ASTERISCO (*) EN ESTE INFORME ESTÁN EXCLUIDAS EN EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO.

INFORMACIÓN NO AMPARADA POR EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

RESULTADOS FUERA DEL RANGO ACREDITADO

Determinaciones	Resultado	(Unidades)
Materia Orgánica	6.24	(%)



REFERENCIA MUESTRA: 128752

INFORME AGRONÓMICO

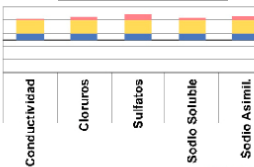
El presente informe consta de los siguientes apartados:

- 1.- Niveles.
- 2.- Extracto 1:2 (suelo:agua).
- 3.- Capacidad de Cambio Catiónico.
- 4.- Otras determinaciones.
- 5.- Consideraciones Finales.

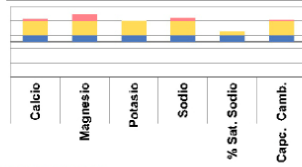
1.- NIVELES.

NIVELES DE SALINIDAD

Muy Alto
Alto
Normal
Bajo
Muy Bajo

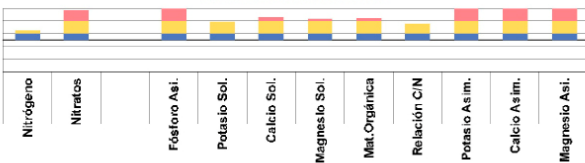


CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO



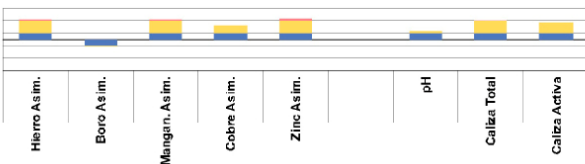
NIVELES DE FERTILIDAD

Muy Alto
Alto
Normal
Bajo
Muy Bajo



MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES

Muy Alto
Alto
Normal
Bajo
Muy Bajo



R-022/02

Fecha de emisión: 20/08/2007

Página 1 de 4

Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.



REFERENCIA MUESTRA: 128752

4.- ELEMENTOS ASIMILABLES Y OTRAS DETERMINACIONES.

MICROELEMENTOS ASIMILABLES		ÓPTIMO		
BORO (ppm):	1.48	1.50 - 3	BAJO	4.71 Kg/Ha
HIERRO (ppm):	9.30	2 - 4	MUY ALTO	29.57 Kg/Ha
MANGANESO (ppm):	17.44	1 - 3	MUY ALTO	55.46 Kg/Ha
COBRE (ppm):	3.34	1.20 - 2	ALTO	10.62 Kg/Ha
ZINC (ppm):	11.46	1.25 - 2.50	MUY ALTO	36.44 Kg/Ha
MOLIBDENO (ppm):				
MACROELEMENTOS ASIMILABLES		ÓPTIMO		
FÓSFORO (ppm):	338.00	30 - 50	MUY ALTO	2461.38 Kg(P2O5)/Ha
SODIO (ppm):	1719.23	< 250	MUY ALTO	5467.15 Kg/Ha
POTASIO (ppm):	1427.15	280 - 420	MUY ALTO	5446.00 Kg(K2O)/Ha
CALCIO (ppm):	7796.46	1300 - 3200	MUY ALTO	34709.84 Kg(CaO)/Ha
MAGNESIO (ppm):	1760.37	140 - 460	MUY ALTO	9281.45 Kg(MgO)/Ha
OTRAS DETERMINACIONES		ÓPTIMO		
CALIZA TOTAL (%):	43.15	10 - 20	MUY ALTO	1372.17 Tn/Ha
CALIZA ACTIVA (%):	14.36	6 - 9	ALTO	456.65 Tn/Ha
MATERIA ORGÁNICA (%):	6.24	3 - 4	MUY ALTO	198.43 Tn/Ha
NITRÓGENO (ORGÁNICO+AMONICAL) (%):	0.23	0.10 - 0.21	ALTO	7314.00 Kg(N)/Ha

- Los valores de los cationes asimilables (Calcio, Magnesio, Potasio) junto con Fósforo, Materia Orgánica y Nitrógeno, informan del grado de fertilidad que presenta el suelo.
- El nivel de referencia para el Nitrógeno es el del Nitrógeno Orgánico y Amónico. Este suelo presenta una Relación Carbono/Nitrógeno ALTA (mayor que 12), lo que indicaría una escasa liberación de Nitrógeno nitrítico.
- CARBONATO CÁLCICO, el "Total" toma valores muy altos; el "Activo" toma valores altos, lo que podría producir el bloqueo de ciertos nutrientes: Hierro(clorosis Férrica), Zinc, Cobre, Manganeso, Fósforo, Potasio y Magnesio. Se pueden ir amortiguando estos niveles excesivos mediante la aplicación de Ácidos en el abonado, así como para contrarrestar la absorción de estos nutrientes se pueden hacer aportaciones extras de Materia Orgánica.
- La densidad aparente (Da) es la razón de la masa de suelo seco al volumen de dicho suelo en su estado natural, es decir, considerando el volumen que ocupan las partículas sólidas y los poros. El método, utilizado para calcular la densidad aparente es la ecuación de regresión múltiple propuesta por Santos, F. (1979) que se expresa a continuación:
 $Da (g/cm^3) = 1.5456 + \{(0.0015 \% \text{ Arena}) - (0.0022 \% \text{ Arcilla}) - (0.0707 \% \text{ Materia Orgánica})\}$
- TEXTURA. Se trata de un suelo "pesado", con alta capacidad de retención de agua y abonos.
- COLOR. Es una propiedad importante en el reconocimiento y clasificación de los suelos y en la fotointerpretación. La nomenclatura está basada en la tabla Munsell (matiz, brillo e intensidad). Entre las diferentes coloraciones nos podemos encontrar: Rojos y Amarillos (presencia de óxidos de Hierro en sus diversos estados de hidratación), Blancos (presencia de Caliza, Yeso, Cuarzo, Arcillas decoloradas o infiorescencias salinas de Cloruros y Sulfatos), Negros (materia Orgánica) y Grises (mezcla de blancos y negros).



REFERENCIA MUESTRA: 128752

2.- EXTRACTO 1:2 (SUELO:AGUA).

DETERMINACION					NIVELES ÓPTIMOS
pH	7.79				6.50 - 7.50
Conductividad eléctrica	6.92				0.75 - 1.50
S.A.R.	4.13				< 10
Elementos en el extracto		mg/l	meq/l	mmol/l	NIVELES ÓPTIMOS (mmol/l)
Sulfatos	14522.17 Kg/Ha	2283.36	47.57	23.79	< 2
Cloruros	5877.05 Kg/Ha	924.07	26.03	26.03	< 3
Nitratos	2642.58 Kg(O)/Ha	1422.28	22.94	22.94	1.50 - 4
Sodio	3383.46 Kg/Ha	531.99	23.13	23.13	< 3
Potasio	1748.69 Kg(K2O)/Ha	229.13	5.86	5.86	0.75 - 2
Calcio	6578.28 Kg(CaO)/Ha	738.80	36.94	18.47	1 - 2
Magnesio	3308.42 Kg(MgO)/Ha	313.59	25.81	12.91	0.63 - 2
Fosfatos					

- Concentración de Sales, presenta niveles muy altos en Sodio, Cloruros y Sulfatos.
- Conductividad en el Extracto 1:2 (suelo:agua), 6.92 mmho/cm califican este suelo como muy salino/muy o igual o s). Hay que considerar que nutrientes como Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos, también contribuyen en la conductividad.
- pH (reacción del suelo). Alcanza un nivel alto.

3.- CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONICO (C.I.C).

DETERMINACION	mg/100 g suelo	ÓPTIMO	ppm	(%)	NIVEL	
C.I.C. (suma de cationes)	31.24	10 - 20			MUY ALTO	-
Calcio	16.59	6 - 10.50	3318.00	53.10	MUY ALTO	14801.28 Kg(CaO)/Ha
Magnesio	9.32	1.30 - 3	1132.38	29.83	MUY ALTO	3973.34 Kg(MgO)/Ha
Potasio	2.48	0.70 - 1.20	969.68	7.94	ALTO	3700.30 Kg(K2O)/Ha
Sodio	2.85	< 0.50	655.50	9.12	MUY ALTO	2084.49 Kg/Ha
Relación Calcio/Magnesio	1.78	1 - 10			NORMAL	-
Relación Potasio/Magnesio	0.27	0.20 - 0.50			NORMAL	-
Saturación Sodio (%)	9.12	< 7			ALTO	-

- Es la posibilidad que tiene un suelo de retener elementos en forma catiónica en suelos alcalinos. El mayor o menor valor de esta retención dependerá del contenido de Arcilla y Materia Orgánica, con valores altos de estos dos parámetros mayor capacidad de intercambio presenta un suelo.
- La C.I.C., en suelos alcalinos, coincide con la suma de los Cationes de Cambio. Los Cationes de Cambio (sodio, potasio, calcio y magnesio) se determinan así de la diferencia entre los elementos asimilables y los solubles, medidos en el extracto acuoso.
- Saturación de Sodio (mide el grado de sodificación del suelo), 9.12%, clasifica este suelo como ligeramente sódico (entre 7 y 15).

R-022/02

Fecha de emisión: 20/08/2007

Página 2 de 4

Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.



REFERENCIA MUESTRA: 128752

5.- CONSIDERACIONES FINALES.

- SALINIDAD.** Muy Salino. Los iones más tóxicos, Sodio y Cloruros se encuentran en una concentración muy alta. La sodicidad del Suelo o Saturación de Sodio es ligera.
- FERTILIDAD.** De los datos observados en la tabla de fertilidad, el Nitrógeno Amónico y Orgánico, presenta un nivel alto, así como el valor de la Materia Orgánica es muy alto, para este tipo de suelo; el Nitrógeno Nitrítico, muy alto, esta fracción de Nitrógeno es bastante fluctuante. El Fósforo asimilable toma un valor muy alto. Potasio asimilable, presenta nivel muy alto.
- OTRAS DETERMINACIONES.** Destacar, que es un suelo pesado (alto porcentaje de arcilla), con contenido muy alto de Caliza, y pH alto



LABORATORIO KUDAM S.L.
P.L. CAÑADA DE FRASES, C/ FINTORRES, 41
03190 PILES DE LA HORADADA (Alicante) Apdo. correo 137
Telf: 966 766 483 - 966 767 913 Fax: 966 35 22 38
Web: www.kudam.com



FECHA ENTRADA MUESTRA: 10/8/2007
FECHA INICIO ENSAYO: 17/8/2007
FECHA FINAL ENSAYO: 20/8/2007

CÓDIGO CLIENTE:	2383
CLIENTE:	I.M.I.D.A.
DIRECCIÓN:	C/ MAYOR, S/N
C.P.:	30150
POBLACIÓN:	LA ALBERCA
TELÉFONO:	968386718

MUESTREO EXTERNO	
ENTREGADO POR:	PEDRO PONCE ASENSIO
TIPO MUESTRA:	SUELO
IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	4526 gr. DE SUELO EN BOLSA DE PLASTICO

OBSERVACIONES: L-5
6/8/07

ANÁLISIS SOLICITADO (según tarifa R-060/20): SUE002

REFERENCIA MUESTRA: 128753



INFORME DE ENSAYO

Los resultados analíticos están expresados en las unidades correspondientes sobre muestra seca al aire.
RESULTADOS: Los resultados obtenidos, con su incertidumbre para un factor K=2 han sido los siguientes:
La incertidumbre indicada corresponde a la incertidumbre expandida utilizando un valor de k=2, el cual corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%

Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método
*Extracto acuoso	1:2 (suelo:agua)		No Aplica	
pH (extracto acuoso 1:2, a 30 °C)	7.82		± 0.20	SUE2400
*Color	10YR 4/1 Gris oscuro		No Aplica	SUE1400

SALINIDAD

Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método
Conductividad (extracto acuoso 1:2, a 25°C)	4.77	(mS/cm)	± 11 %	SUE2401
*Cloruros (en el extracto acuoso)	16.48	(meq/l)	No Aplica	SUE2000
*Sulfatos (en el extracto acuoso)	42.75	(meq/l)	No Aplica	SUE2000
*Sodio (en el extracto acuoso)	13.18	(meq/l)	No Aplica	SUE2800
*Sodio asimilable	825.26	(ppm)	No Aplica	SUE2900
*Bicarbonatos	1.24	(meq/l)	No Aplica	SUE0108

FERTILIDAD

Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método
*Nitrógeno (Orgánico + Amónico)	0.22	(%)	No Aplica	SUE0300
*Nitratos (en el extracto acuoso)	1050.28	(ppm)	No Aplica	SUE2000
*Fósforo Asimilable	268.40	(ppm)	No Aplica	SUE2600
*Potasio (en el extracto acuoso)	4.24	(meq/l)	No Aplica	SUE2800
*Calcio (en el extracto acuoso)	31.18	(meq/l)	No Aplica	SUE2800
*Magnesio (en el extracto acuoso)	16.16	(meq/l)	No Aplica	SUE2800
*Potasio Asimilable	1076.82	(ppm)	No Aplica	SUE2900
*Calcio asimilable	3735.17	(ppm)	No Aplica	SUE3000
*Magnesio asimilable	785.05	(ppm)	No Aplica	SUE3000
Materia Orgánica	3.75	(%)	± 16 %	SUE0201

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método
*Calcio de cambio	12.44	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705
*Magnesio de cambio	3.23	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705
*Potasio de cambio	1.91	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705
*Sodio de cambio	0.95	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705
*Capacidad de cambio	18.53	(meq/100g)	No Aplica	SUE0602

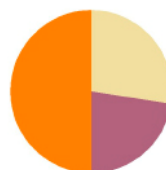
MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES

Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método
*Hierro asimilable	9.20	(ppm)	No Aplica	SUE2700
*Boro asimilable	2.34	(ppm)	No Aplica	SUE0502
*Manganeso asimilable	19.16	(ppm)	No Aplica	SUE2700
*Cobre asimilable	3.18	(ppm)	No Aplica	SUE2700
*Cinc Asimilable	12.42	(ppm)	No Aplica	SUE2700
*Caliza total	42.74	(%)	No Aplica	SUE0800
*Caliza activa	14.60	(%)	No Aplica	SUE0900

ÍNDICES

Índice	Resultado	(Unidades)	Índice	Resultado	(Unidades)
*Densidad aparente	1.21	(g/cc)	*Relación de Absorción de Sodio (SAR)	2.71	
*Relación Carbono/Nitrógeno	9.89		*Porcentaje de saturación de sodio	5.13	%
*Porcentaje de saturación		(g/kg)			

*TEXTURA (SUE1101) : Arcillosa



Arena (27.5%)
Limo (22.5%)
Arcilla (50%)

ABREVIATURAS: **N.A.:** No Aplica **N.D.:** No Detectado **No Disp.:** No Disponible

LAS DETERMINACIONES MARCADAS CON UN ASTERISCO (*) EN ESTE INFORME ESTÁN EXCLUIDAS EN EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO.



REFERENCIA MUESTRA: 128753

INFORME AGRONÓMICO

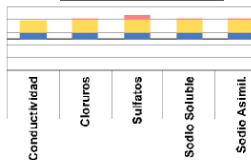
El presente informe consta de los siguientes apartados:

- 1.- Niveles.
- 2.- Extracto 1:2 (suelo:agua).
- 3.- Capacidad de Cambio Catiónico.
- 4.- Otras determinaciones.
- 5.- Consideraciones Finales.

1.- NIVELES.

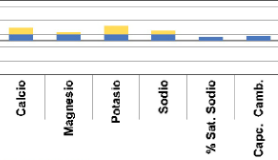
NIVELES DE SALINIDAD

May Alto
Alto
Normal
Bajo
Muy Bajo



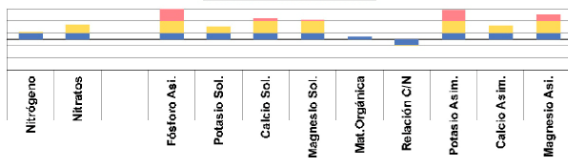
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO

May Alto
Alto
Normal
Bajo
Muy Bajo



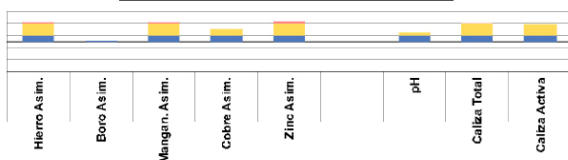
NIVELES DE FERTILIDAD

May Alto
Alto
Normal
Bajo
Muy Bajo



MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES

May Alto
Alto
Normal
Bajo
Muy Bajo



R-022/02

Fecha de emisión: 20/08/2007

Página 1 de 4

Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.



REFERENCIA MUESTRA: 128753

4.- ELEMENTOS ASIMILABLES Y OTRAS DETERMINACIONES.

MICROELEMENTOS ASIMILABLES		ÓPTIMO		
BORO (ppm):	2.34	1.50 - 3	NORMAL	8.49 Kg/Ha
HIERRO (ppm):	9.20	2 - 4	MUY ALTO	33.40 Kg/Ha
MANGANESO (ppm):	19.16	1 - 3	MUY ALTO	69.55 Kg/Ha
COBRE (ppm):	3.18	1.20 - 2	ALTO	11.54 Kg/Ha
ZINC (ppm):	12.42	1.25 - 2.50	MUY ALTO	45.08 Kg/Ha
MOLIBDENO (ppm):				
MACROELEMENTOS ASIMILABLES		ÓPTIMO		
FÓSFORO (ppm):	268.40	30 - 50	MUY ALTO	2231.13 Kg(P2O5)/Ha
SOBIO (ppm):	825.26	> 250	MUY ALTO	2995.69 Kg/Ha
POTASIO (ppm):	1076.82	280 - 420	MUY ALTO	4690.63 Kg(K2O)/Ha
CALCIO (ppm):	3753.17	1300 - 3200	ALTO	18982.13 Kg(CaO)/Ha
MAGNESIO (ppm):	785.05	140 - 460	MUY ALTO	4724.85 Kg(MgO)/Ha
OTRAS DETERMINACIONES		ÓPTIMO		
CALIZA TOTAL (%):	42.74	10 - 20	MUY ALTO	1551.46 Tn/ha
CALIZA ACTIVA (%):	14.60	6 - 9	ALTO	529.98 Tn/ha
MATERIA ORGÁNICA (%):	3.75	3 - 4	NORMAL	136.13 Tn/ha
NITRÓGENO (ORGÁNICO+AMONICAL) (%):	0.22	0.10 - 0.21	ALTO	7986.00 Kg(N)/Ha

- Los valores de los cationes asimilables (Calcio, Magnesio, Potasio) junto con Fósforo, Materia Orgánica y Nitrogeno, informan del grado de fertilidad que presenta el suelo.
- El nivel de referencia para el Nitrogeno es el del Nitrogeno Orgánico y Amoniacal. Este suelo presenta una Relación Carbono/Nitrogeno BAJA (menor que 10), lo que indicaría una excesiva liberación de Nitrogeno nitrico.
- CARBONATO CÁLCICO, el "Total" toma valores muy altos; el "Activo" toma valores altos, lo que podría producir el bloqueo de ciertos nutrientes: Hierro(clorosis Férrica), Zinc, Cobre, Manganeseo, Fósforo, Potasio y Magnesio. Se pueden ir amortiguando estos niveles excesivos mediante la aplicación de Ácidos en el abonado, así como para contrarrestar la absorción de estos nutrientes se pueden hacer aportaciones extras de Materia Orgánica.
- La densidad aparente (Da) es la razón de la masa de suelo seco al volumen de dicho suelo en su estado natural, es decir, considerando el volumen que ocupan las partículas sólidas y los poros. El método, utilizado para calcular la densidad aparente es la ecuación de regresión múltiple propuesta por Santos, F. (1979) que se expresa a continuación:
 $Da (g/cm^3) = 1.5456 + ((0.0015 \% \text{Arena}) - (0.0022 \% \text{Arcilla}) - (0.0707 \% \text{Materia Orgánica}))$
- TEXTURA. Se trata de un suelo "pesado", con alta capacidad de retención de agua y abonos.
- COLOR. Es una propiedad importante en el reconocimiento y clasificación de los suelos y en la fotointerpretación. La nomenclatura está basada en la tabla Munsell (matiz, brillo e intensidad). Entre las diferentes coloraciones nos podemos encontrar: Rojos y Amarillos (presencia de óxidos de Hierro en sus diversos estados de hidratación), Blancos (presencia de Caliza, Yeso, Cuarzo, Arcillas decoloradas ó infiorescencias salinas de Cloruros y Sulfatos), Negros (materia Orgánica) y Grises (mezcla de blancos y negros).



REFERENCIA MUESTRA: 128753

2.- EXTRACTO 1:2 (SUELO:AGUA).

DETERMINACION				NIVELES ÓPTIMOS
pH	7.82			6.50 - 7.50
Conductividad eléctrica	4.77			0.75 - 1.50
S.A.R.	2.71			<10
Elementos en el extracto	mg/l	meq/l	mmol/l	NIVELES ÓPTIMOS (mmol/l)
Sulfatos	14897.52 Kg/Ha	2052.00	42.75	<2
Cloruros	4247.39 Kg/Ha	585.04	16.48	<3
Nitratos	860.89 Kg(N)/Ha	525.14	8.47	1.50 - 4
Sodio	2200.80 Kg/Ha	303.14	13.18	<3
Potasio	1444.31 Kg(K2O)/Ha	165.78	4.24	0.75 - 2
Calcio	6338.27 Kg(CaO)/Ha	623.60	31.18	1 - 2
Magnesio	2364.58 Kg(MgO)/Ha	196.34	16.16	0.63 - 2
Fosfatos				

- Concentración de Sales, presenta niveles muy altos en Sodio, Cloruros y Sulfatos.
- Conductividad en el Extracto 1:2 (suelo:agua), 4.77 mmho/cm califican este suelo como salino (entre 1.5 y 5). Hay que considerar que minerales como Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos, también contribuyen en la conductividad.
- pH (reacción del suelo). Alcanza un nivel alto.

3.- CAPACIDAD DE CAMBIO CATIÓNICO (C.I.C.)

DETERMINACION	mg/100 g suelo	ÓPTIMO	ppm	(%)	NIVEL	
C.I.C. (suma de cationes)	18.53	10 - 20			NORMAL	-
Calcio	12.44	6 - 10.50	2488.00	67.13	ALTO	12669.30 Kg(CaO)/Ha
Magnesio	3.25	1.30 - 3	392.45	17.43	ALTO	2363.90 Kg(MgO)/Ha
Potasio	1.91	0.70 - 1.20	746.81	10.31	ALTO	3253.10 Kg(K2O)/Ha
Sodio	0.95	< 0.50	218.50	5.13	ALTO	793.16 Kg/Ha
Relación Calcio/Magnesio	3.85	1 - 10			NORMAL	-
Relación Potasio/Magnesio	0.59	0.20 - 0.50			ALTO	-
Saturación Sodio (%)	5.13	< 7			NORMAL	-

- Es la posibilidad que tiene un suelo de retener elementos en forma catiónica en suelos alcalinos. El mayor o menor valor de esta retención dependerá del contenido de Arcilla y Materia Orgánica, con valores altos de estos dos parámetros mayor capacidad de intercambio presenta un suelo.
- La C.I.C., en suelos alcalinos, coincide con la suma de los Cationes de Cambio. Los Cationes de Cambio (sodio, potasio, calcio y magnesio) se determinan como la diferencia entre los elementos asimilables y los solubles, medidos en el extracto acuoso.
- Saturación de Sodio (mide el grado de sodificación del suelo), 5.13%, clasifica este suelo como normal (menor de 7).

R-022/02

Fecha de emisión: 20/08/2007

Página 2 de 4

Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.



REFERENCIA MUESTRA: 128753

5.- CONSIDERACIONES FINALES.

- SALINIDAD.** Salino. Los iones más tóxicos, Sodio y Cloruros se encuentran en una concentración muy alta. La sodicidad del Suelo o Saturación de Sodio es normal.
- FERTILIDAD.** De los datos observados en la tabla de fertilidad, el Nitrogeno Amoniacal y Orgánico, presenta un nivel alto, así como el valor de la Materia Orgánica es normal, para este tipo de suelo; el Nitrogeno Nitrico, alto, esta fracción de Nitrogeno es bastante fluctuante. El Fósforo asimilable toma un valor muy alto. Potasio asimilable, presenta nivel muy alto.
- OTRAS DETERMINACIONES.** Destacar, que es un suelo pesado (alto porcentaje de arcilla), con contenido muy alto de Caliza, y pH alto



LABORATORIO KUDAM S.L.
P1 CALLEJA DE FRÍJOS, 3 BENTOSERS, 41
01190 PILAR DE LA HORADADA (Alcázar) Agdo. correo 157
Telf. 966 746 403 - 966 747 013 Fax: 966 35 22 36
Web: www.kudam.com



FECHA ENTRADA MUESTRA: 10/8/2007
FECHA INICIO ENSAYO: 17/8/2007
FECHA FINAL ENSAYO: 20/8/2007

CÓDIGO CLIENTE: 2383
CLIENTE: I.M.I.D.A.
DIRECCIÓN: C/ MAYOR, S/N
C.P.: 30150
POBLACIÓN: LA ALBERCA
TELÉFONO: 968366718

MUESTREO EXTERNO
ENTREGADO POR: PEDRO PONCE ASENSIO
TIPO MUESTRA: SUELO
IDENTIFICACIÓN MUESTRA: 4024 gr. DE SUELO EN BOLSA DE PLÁSTICO

OBSERVACIONES: L-6
6/8/07

ANÁLISIS SOLICITADO (según tarifa R-060/20): SUE002

REFERENCIA MUESTRA: 128754



INFORME DE ENSAYO

Los resultados analíticos están expresados en las unidades correspondientes sobre muestra secada al aire.
RESULTADOS: Los resultados obtenidos, con su incertidumbre para un factor K=2 han sido los siguientes:
La incertidumbre indicada corresponde a la incertidumbre expandida utilizando un valor de k=2, el cual corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%

Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Extracto acuoso	1:2 (suelo:agua)		No Aplica		
pH (extracto acuoso 1:2, a 30 °C)	7.77		± 0.20	SUE2400	
*Color	10YR 4/1 Gris oscuro		No Aplica	SUE1400	
SALINIDAD					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
Conductividad (extracto acuoso 1:2, a 25°C)	6.31	(mS/cm)	± 11 %	SUE2401	
*Cloruros (en el extracto acuoso)	22.93	(meq/l)	No Aplica	SUE2000	
*Sulfatos (en el extracto acuoso)	48.35	(meq/l)	No Aplica	SUE2000	
*Sodio (en el extracto acuoso)	21.15	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Sodio asimilable	1412.74	(ppm)	No Aplica	SUE2900	
*Bicarbonatos	1.08	(meq/l)	No Aplica	SUE0108	
FERTILIDAD					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Nitrógeno (Orgánico + Amónico)	0.23	(%)	No Aplica	SUE0300	
*Nitratos (en el extracto acuoso)	2184.88	(ppm)	No Aplica	SUE2000	
*Fósforo Asimilable	297.00	(ppm)	No Aplica	SUE2600	
*Potasio (en el extracto acuoso)	5.97	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Calcio (en el extracto acuoso)	35.23	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Magnesio (en el extracto acuoso)	22.70	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Potasio Asimilable	1437.37	(ppm)	No Aplica	SUE2900	
*Calcio asimilable	4945.19	(ppm)	No Aplica	SUE3000	
*Magnesio asimilable	1332.58	(ppm)	No Aplica	SUE3000	
Materia Orgánica	> 4.40	(%)	± 16 %	SUE0201	
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Calcio de cambio	12.68	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Magnesio de cambio	6.42	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Potasio de cambio	2.48	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Sodio de cambio	1.91	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Capacidad de cambio	23.49	(meq/100g)	No Aplica	SUE0602	
MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Hierro asimilable	15.94	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Boro asimilable	2.70	(ppm)	No Aplica	SUE0502	
*Manganeso asimilable	16.02	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Cobre asimilable	3.12	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Cinc Asimilable	13.40	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Caliza total	42.32	(%)	No Aplica	SUE0800	
*Caliza activa	14.23	(%)	No Aplica	SUE0900	
INDICES					
Índice	Resultado	(Unidades)	Índice	Resultado	(Unidades)
*Densidad aparente	1.09	(g/cc)	*Relación de Absorción de Sodio (SAR)	3.93	
*Relación Carbono/Nitrógeno	14.20		*Porcentaje de saturación de sodio	8.13	%
*Porcentaje de saturación		(g/kg)			

*TEXTURA (SUE1101) : Arcillosa



Arena (27.5%)
Limo (27.5%)
Arcilla (45%)

ABREVIATURAS: **NA:** No Aplica **ND:** No Detectado **No Disp.:** No Disponible

LAS DETERMINACIONES MARCADAS CON UN ASTERISCO (*) EN ESTE INFORME ESTÁN EXCLUIDAS EN EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO.

INFORMACIÓN NO AMPARADA POR EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

RESULTADOS FUERA DEL RANGO ACREDITADO

Determinaciones	Resultado	(Unidades)
Materia Orgánica	5.63	(%)



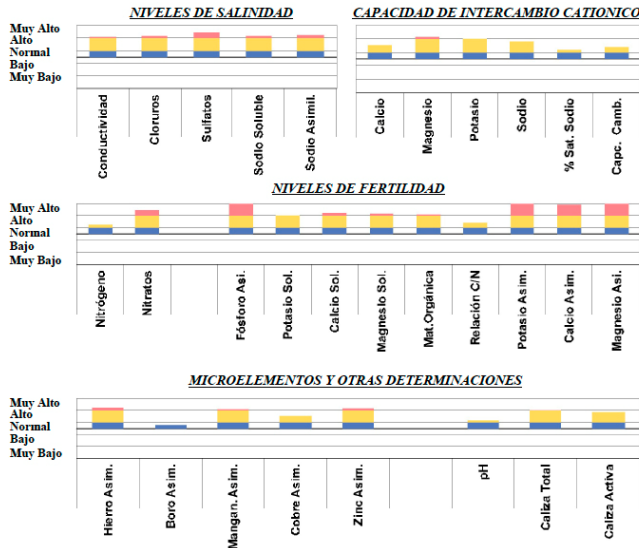
REFERENCIA MUESTRA: 128754

INFORME AGRONÓMICO

El presente informe consta de los siguientes apartados:

- 1.- Niveles.
- 2.- Extracto 1:2 (suelo:agua).
- 3.- Capacidad de Cambio Catiónico.
- 4.- Otras determinaciones.
- 5.- Consideraciones Finales.

1.- NIVELES.



R-022/02

Fecha de emisión: 20/08/2007

Página 1 de 4

Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.



REFERENCIA MUESTRA: 128754

4.- ELEMENTOS ASIMILABLES Y OTRAS DETERMINACIONES.

MICROELEMENTOS ASIMILABLES	ÓPTIMO	NIVEL	VALOR
BORO (ppm):	1.50 - 3	NORMAL	8.83 Kg/Ha
HIERRO (ppm):	2 - 4	MUY ALTO	52.12 Kg/Ha
MANGANESO (ppm):	1 - 3	MUY ALTO	52.39 Kg/Ha
COBRE (ppm):	1.20 - 2	ALTO	10.20 Kg/Ha
ZINC (ppm):	1.25 - 2.50	MUY ALTO	43.82 Kg/Ha
MOLIBDENO (ppm):			
MACROELEMENTOS ASIMILABLES	ÓPTIMO	NIVEL	VALOR
FÓSFORO (ppm):	30 - 50	MUY ALTO	2224.03 Kg(P2O5)/Ha
SODIO (ppm):	< 250	MUY ALTO	4619.66 Kg/Ha
POTASIO (ppm):	280 - 420	MUY ALTO	5640.24 Kg(K2O)/Ha
CALCIO (ppm):	1300 - 3200	MUY ALTO	22639.08 Kg(CaO)/Ha
MAGNESIO (ppm):	140 - 460	MUY ALTO	7224.80 Kg(MgO)/Ha
OTRAS DETERMINACIONES	ÓPTIMO	NIVEL	VALOR
CALIZA TOTAL (%):	10 - 20	MUY ALTO	1383.86 Tn/Ha
CALIZA ACTIVA (%):	6 - 9	ALTO	465.32 Tn/Ha
MATERIA ORGÁNICA (%):	3 - 4	MUY ALTO	184.10 Tn/Ha
NITRÓGENO(ORGÁNICO+AMONICAL) (%):	0.10 - 0.21	ALTO	7521.00 Kg(N)/Ha

- Los valores de los cationes asimilables (Calcio, Magnesio, Potasio) junto con Fósforo, Materia Orgánica y Nitrógeno, informan del grado de fertilidad que presenta el suelo.
- El nivel de referencia para el Nitrógeno es el del Nitrógeno Orgánico y Amoniacal. Este suelo presenta una Relación Carbono/Nitrógeno ALTA (mayor que 12), lo que indicaría una escasa liberación de Nitrógeno nitrítico.
- CARBONATO CÁLCICO, el "Total" toma valores muy altos; el "Activo" toma valores altos, lo que podría producir el bloqueo de ciertos nutrientes: Hierro(Clorosis Férrica), Zinc, Cobre, Manganeseo, Fósforo, Potasio y Magnesio. Se pueden ir amortiguando estos niveles excesivos mediante la aplicación de Ácidos en el abonado, así como para contrarrestar la absorción de estos nutrientes se pueden hacer aportaciones extras de Materia Orgánica.
- La densidad aparente (Da) es la razón de la masa de suelo seco al volumen de dicho suelo en su estado natural, es decir, considerando el volumen que ocupan las partículas sólidas y los poros. El método, utilizado para calcular la densidad aparente es la ecuación de regresión múltiple propuesta por Santos, F. (1979) que se expresa a continuación:
 $Da (g/cm^3) = 1.5456 + \{(0.0015 \% \text{ Arena}) - (0.0022 \% \text{ Arcilla}) - (0.0707 \% \text{ Materia Orgánica})\}$
- TEXTURA. Se trata de un suelo "pesado", con alta capacidad de retención de agua y abonos.
- COLOR. Es una propiedad importante en el reconocimiento y clasificación de los suelos y en la fotointerpretación. La nomenclatura está basada en la tabla Munsell (matiz, brillo e intensidad). Entre las diferentes coloraciones nos podemos encontrar: Rojos y Amarillos (presencia de óxidos de Hierro en sus diversos estados de hidratación), Blancos (presencia de Caliza, Yeso, Cuarzo, Arcillas decoloradas o inflorescencias salinas de Cloruros y Sulfatos), Negros (materia Orgánica) y Grises (mezcla de blanco y negros).



REFERENCIA MUESTRA: 128754

2.- EXTRACTO 1:2 (SUELO:AGUA).

DETERMINACION	VALOR	NIVELES OPTIMOS			
pH	7.77	6.50 - 7.50			
Conductividad eléctrica	6.31	0.75 - 1.50			
S.A.R.	3.93	< 10			
Elementos en el extracto	mg/l	meq/l	mmol/l	NIVELES OPTIMOS (mmol/l)	
Sulfatos	15178.03 Kg/Ha	2320.80	48.35	24.18	< 2
Cloruros	5323.66 Kg/Ha	814.02	22.93	22.93	< 3
Nitratos	1613.29 Kg(N)/Ha	1092.44	17.62	17.62	1.50 - 4
Sodio	3181.38 Kg/Ha	486.45	21.15	21.15	< 3
Potasio	1831.94 Kg(K2O)/Ha	233.43	5.97	5.97	0.75 - 2
Calcio	6451.32 Kg(CaO)/Ha	704.60	35.23	17.62	1 - 2
Magnesio	2992.12 Kg(MgO)/Ha	275.81	22.70	11.35	0.63 - 2
Fosfatos					

- Concentración de Sales, presenta niveles muy altos en Sodio, Cloruros y Sulfatos.
- Conductividad en el Extracto 1:2 (suelo:agua), 6.31 mmho/cm califican este suelo como muy salino(mayor o igual a 5). Hay que considerar que nutrientes como Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos, también contribuyen en la conductividad.
- pH (reacción del suelo). Alcanza un nivel alto.

3.- CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONICO (C.I.C).

DETERMINACION	meq/100 g suelo	ÓPTIMO	ppm	(%)	NIVEL
C.I.C.(suma de cationes)	23.49	10 - 20			ALTO
Calcio	12.68	6 - 10.50	2536.00	53.98	ALTO
Magnesio	6.42	1.30 - 3	780.03	27.33	MUY ALTO
Potasio	2.48	0.70 - 1.20	969.68	10.56	ALTO
Sodio	1.91	< 0.50	439.30	8.13	ALTO
Relación Calcio/Magnesio	1.98	1 - 10			NORMAL
Relación Potasio/Magnesio	0.39	0.20 - 0.50			NORMAL
Saturación Sodio (%)	8.13	< 7			ALTO

- Es la posibilidad que tiene un suelo de retener elementos en forma catiónica en suelos alcalinos. El mayor o menor valor de esta retención dependerá del contenido de Arcilla y Materia Orgánica, con valores altos de estos dos parámetros mayor capacidad de intercambio presenta un suelo.
- La C.I.C., en suelos alcalinos, coincide con la suma de los Cationes de Cambio (sodio, potasio, calcio y magnesio) se determinan como la diferencia entre los elementos asimilables y los solubles, medidos en el extracto acuoso.
- Saturación de Sodio (mide el grado de sodificación del suelo), 8.13%, clasifica este suelo como ligeramente sódico (entre 7 y 15).

R-022/02

Fecha de emisión: 20/08/2007

Página 2 de 4

Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.



REFERENCIA MUESTRA: 128754

5.- CONSIDERACIONES FINALES.

- SALINIDAD.** Muy Salino. Los iones más tóxicos, Sodio y Cloruros se encuentran en una concentración muy alta. La sodicidad del Suelo o Saturación de Sodio es ligera.
- FERTILIDAD.** De los datos observados en la tabla de fertilidad, el Nitrógeno Amoniacal y Orgánico, presenta un nivel alto, así como el valor de la Materia Orgánica es muy alto, para este tipo de suelo; el Nitrógeno Nitrítico, muy alto, esta fracción de Nitrógeno es bastante fluctuante. El Fósforo asimilable toma un valor muy alto. Potasio asimilable, presenta nivel muy alto.
- OTRAS DETERMINACIONES.** Destacar, que es un suelo pesado (alto porcentaje de arcilla), con contenido muy alto de Caliza, y pH alto

FECHA ENTRADA MUESTRA:	10/8/2007
FECHA INICIO ENSAYO:	17/8/2007
FECHA FINAL ENSAYO:	20/8/2007

CÓDIGO CLIENTE: 2383	MUESTREO EXTERNO
CLIENTE: I.M.I.D.A.	ENTREGADO POR: PEDRO PONCE ASENSIO
DIRECCIÓN: C/ MAYOR, S/N	TIPO MUESTRA: SUELO
C.P.: 30150	IDENTIFICACIÓN MUESTRA: 3278 gr. DE SUELO EN BOLSA DE PLÁSTICO
POBLACIÓN: LA ALBERCA	
TELÉFONO: 968386718	
OBSERVACIONES: L-7 0/8/07	

ANÁLISIS SOLICITADO (según tarifa R-060/20): SUE002

REFERENCIA MUESTRA: 128755	
----------------------------	--

INFORME DE ENSAYO

Los resultados analíticos están expresados en las unidades correspondientes sobre muestra seca al aire.
RESULTADOS: Los resultados obtenidos, con su incertidumbre para un factor K=2 han sido los siguientes:
La incertidumbre indicada corresponde a la incertidumbre expandida utilizando un valor de k=2, el cual corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%.

Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Extracto acuoso	1:2 (suelo:agua)		No Aplica		
pH (extracto acuoso 1:2, a 29.9°C)	7.71		± 0.20	SUE2400	
*Color	10YR 4/1 Gris oscuro		No Aplica	SUE1400	
SALINIDAD					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
Conductividad (extracto acuoso 1:2, a 25°C)	6.70	(mS/cm)	± 11 %	SUE2401	
*Cloruros (en el extracto acuoso)	22.10	(meq/l)	No Aplica	SUE2000	
*Sulfatos (en el extracto acuoso)	46.19	(meq/l)	No Aplica	SUE2000	
*Sodio (en el extracto acuoso)	20.64	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Sodio asimilable	1492.72	(ppm)	No Aplica	SUE2900	
*Bicarbonatos	1.16	(meq/l)	No Aplica	SUE0108	
FERTILIDAD					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Nitrógeno (Orgánico + Amónico)	0.30	(%)	No Aplica	SUE0300	
*Nitratos (en el extracto acuoso)	2709.40	(ppm)	No Aplica	SUE2000	
*Fósforo Asimilable	347.00	(ppm)	No Aplica	SUE2600	
*Potasio (en el extracto acuoso)	7.54	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Calcio (en el extracto acuoso)	36.99	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Magnesio (en el extracto acuoso)	24.25	(meq/l)	No Aplica	SUE2800	
*Potasio Asimilable	2022.52	(ppm)	No Aplica	SUE2900	
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Calcio de cambio	15.80	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Magnesio de cambio	4.99	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Potasio de cambio	3.66	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Sodio de cambio	2.36	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705	
*Capacidad de cambio	26.81	(meq/100g)	No Aplica	SUE0602	
MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES					
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método	
*Hierro asimilable	16.10	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Boro asimilable	1.46	(ppm)	No Aplica	SUE0502	
*Manganeso asimilable	16.56	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Cobre asimilable	3.14	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Cinc Asimilable	13.48	(ppm)	No Aplica	SUE2700	
*Caliza total	47.30	(%)	No Aplica	SUE0800	
*Caliza activa	15.59	(%)	No Aplica	SUE0900	
INDICES					
Índice	Resultado	(Unidades)	Índice	Resultado	(Unidades)
*Densidad aparente	1.11	(g/cc)	*Relación de Absorción de Sodio (SAR)	3.73	
*Relación Carbono/Nitrógeno	11.16		*Porcentaje de saturación de sodio	8.80	%
*Porcentaje de saturación		(g/kg)			

*TEXTURA (SUE1101) : Franco-Arcillosa



ABREVIATURAS: **N.A.:** No Aplica **N.D.:** No Detectado **No Disp.:** No Disponible

LAS DETERMINACIONES MARCADAS CON UN ASTERISCO (*) EN ESTE INFORME ESTÁN EXCLUIDAS EN EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO.

INFORMACIÓN NO AMPARADA POR EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

RESULTADOS FUERA DEL RANGO ACREDITADO

Determinaciones	Resultado	(Unidades)
Materia Orgánica	5.77	(%)

REFERENCIA MUESTRA: 128755



INFORME AGRONÓMICO

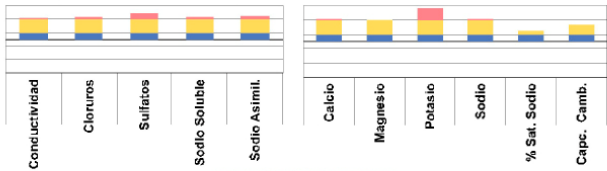
El presente informe consta de los siguientes apartados:

- 1.- Niveles.
- 2.- Extracto 1:2 (suelo:agua).
- 3.- Capacidad de Cambio Catiónico.
- 4.- Otras determinaciones.
- 5.- Consideraciones Finales.

1.-NIVELES.

NIVELES DE SALINIDAD

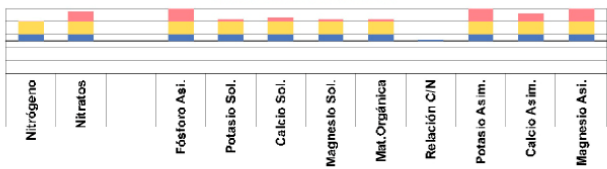
Muy Alto
Alto
Normal
Bajo
Muy Bajo



CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

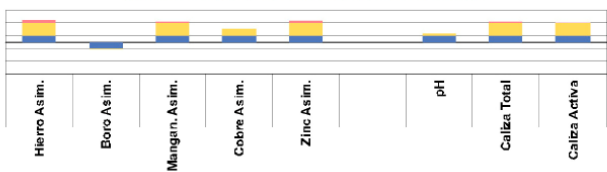
NIVELES DE FERTILIDAD

Muy Alto
Alto
Normal
Bajo
Muy Bajo



MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES

Muy Alto
Alto
Normal
Bajo
Muy Bajo



R-022/02

Fecha de emisión: 20/08/2007

Página 1 de 4

Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.

REFERENCIA MUESTRA: 128755



4.- ELEMENTOS ASIMILABLES Y OTRAS DETERMINACIONES.

MICROELEMENTOS ASIMILABLES		ÓPTIMO		
BORO (ppm):	1.46	1.50 - 3	BAJO	4.86 Kg/Ha
HIERRO (ppm):	16.10	2 - 4	MUY ALTO	53.61 Kg/Ha
MANGANESO (ppm):	16.56	1 - 3	MUY ALTO	55.14 Kg/Ha
COBRE (ppm):	3.14	1.20 - 2	ALTO	10.46 Kg/Ha
ZINC (ppm):	13.48	1.25 - 2.50	MUY ALTO	44.89 Kg/Ha
MOLIBDENO (ppm):				
MACROELEMENTOS ASIMILABLES		ÓPTIMO		
FÓSFORO (ppm):	347.00	30 - 50	MUY ALTO	2646.12 Kg(P2O5)/Ha
SODIO (ppm):	1492.72	< 250	MUY ALTO	4970.76 Kg/Ha
POTASIO (ppm):	2022.52	280 - 420	MUY ALTO	8081.99 Kg(K2O)/Ha
CALCIO (ppm):	4638.65	1300 - 3200	MUY ALTO	21625.39 Kg(CaO)/Ha
MAGNESIO (ppm):	1196.58	140 - 460	MUY ALTO	6606.49 Kg(MgO)/Ha
OTRAS DETERMINACIONES		ÓPTIMO		
CALIZA TOTAL (%):	47.30	10 - 20	MUY ALTO	1575.09 Tn/Ha
CALIZA ACTIVA (%):	13.59	6 - 9	MUY ALTO	519.15 Tn/Ha
MATERIA ORGÁNICA (%):	5.77	3 - 4	MUY ALTO	192.14 Tn/Ha
NITRÓGENO (ORGÁNICO+AMONICAL) (%):	0.30	0.10 - 0.21	ALTO	9990.00 Kg(N)/Ha

- Los valores de los cationes asimilables (Calcio, Magnesio, Potasio) junto con Fósforo, Materia Orgánica y Nitrogeno, informan del grado de fertilidad que presenta el suelo.
- El nivel de referencia para el Nitrogeno es el del Nitrogeno Orgánico y Amoniacal. Este suelo presenta una Relación Carbono/Nitrogeno NORMAL (entre 10 y 12), lo que indicaría una equilibrada liberación de Nitrogeno nítrico.
- CARBONATO CÁLCICO, Tanto el "Total" como el "Activo" toman valores muy altos, lo que podría producir el bloqueo de ciertos nutrientes: Hierro(clorosis Férrica), Zinc, Cobre, Manganeso, Fósforo, Potasio y Magnesio. Se pueden ir amortiguando estos niveles excesivos mediante la aplicación de Ácidos en el abonado, así como para contrarrestar la absorción de estos nutrientes se pueden hacer aportaciones extras de Materia Orgánica.
- La densidad aparente (Da) es la razón de la masa de suelo seco al volumen de dicho suelo en su estado natural, es decir, considerando el volumen que ocupan las partículas sólidas y los poros. El método, utilizado para calcular la densidad aparente es la ecuación de regresión múltiple propuesta por Santos, F. (1979) que se expresa a continuación:
 $Da (g/cm^3) = 1.5456 + \{(0.0015 \% \text{Arena}) - (0.0022 \% \text{Arcilla}) - (0.0707 \% \text{Materia Orgánica})\}$
- TEXTURA. Se trata de un suelo "pesado", con alta capacidad de retención de agua y abonos.
- COLOR. Es una propiedad importante en el reconocimiento y clasificación de los suelos y en la fotointerpretación. La nomenclatura está basada en la tabla Munsell (matiz, brillo e intensidad). Entre las diferentes coloraciones nos podemos encontrar: Rojos y Amarillos (presencia de óxidos de Hierro en sus diversos estados de hidratación), Blancos (presencia de Caliza, Yeso, Cuarzo, Arcillas decoloradas ó infiorescencias salinas de Cloruros y Sulfatos), Negros (materia Orgánica) y Grises (mezcla de blancos y negros).

REFERENCIA MUESTRA: 128755



2.- EXTRACTO 1:2 (SUELO:AGUA).

DETERMINACION				NIVELES ÓPTIMOS
pH	7.71			6.50 - 7.50
Conductividad eléctrica	6.70			0.75 - 1.50
S.A.R.	3.73			< 10
Elementos en el extracto	mg/l	meq/l	mmol/l	NIVELES ÓPTIMOS (mmol)
Sulfatos	14766.02 Kg/Ha	2217.12	46.19	< 2
Cloruros	5225.10 Kg/Ha	784.55	22.10	< 3
Nitratos	2037.29 Kg(N)/Ha	1354.70	21.85	1.50 - 4
Sodio	3161.64 Kg/Ha	474.72	20.64	< 3
Potasio	2356.15 Kg(K2O)/Ha	294.81	7.54	0.75 - 2
Calcio	6897.90 Kg(CaO)/Ha	739.80	36.99	1 - 2
Magnesio	3255.08 Kg(MgO)/Ha	294.64	24.25	0.63 - 2
Fosfatos				

- Concentración de Sales, presenta niveles muy altos en Sodio, Cloruros y Sulfatos.
- Conductividad en el Extracto 1:2 (suelo:agua), 6.7 mmho/cm califican este suelo como muy salino (mayor o igual a 5). Hay que considerar que nutrientes como Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos, también contribuyen en la conductividad.
- pH (reacción del suelo). Alcanza un nivel alto.

3.- CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONICO (C.I.C.).

DETERMINACION	mg/100 g suelo	ÓPTIMO	ppm	(%)	NIVEL
C.I.C.(suma de cationes)	26.81	10 - 20			ALTO
Calcio	15.80	6 - 10.50	3160.00	58.93	MUY ALTO 14761.38 Kg(CaO)/Ha
Magnesio	4.99	1.30 - 3	606.29	18.61	ALTO 3350.15 Kg(MgO)/Ha
Potasio	3.66	0.70 - 1.20	1431.06	13.65	MUY ALTO 5718.52 Kg(K2O)/Ha
Sodio	2.36	< 0.50	542.80	8.80	MUY ALTO 1807.52 Kg/Ha
Relación Calcio/Magnesio	3.17	1 - 10			NORMAL
Relación Potasio/Magnesio	0.73	0.20 - 0.50			ALTO
Saturación Sodio (%)	8.8	< 7			ALTO

- Es la posibilidad que tiene un suelo de retener elementos en forma cationica en suelos alcalinos. El mayor o menor valor de esta retención dependerá del contenido de Arcilla y Materia Orgánica, con valores altos de estos dos parámetros mayor capacidad de intercambio presenta un suelo.
- La C.I.C., en suelos alcalinos, coincide con la suma de los Cationes de Cambio. Los Cationes de Cambio (sodio, potasio, calcio y magnesio) se determinan como la diferencia entre los elementos asimilables y los solubles, medidos en el extracto acuoso.
- Saturación de Sodio (mide el grado de sodificación del suelo), 8.80% , clasifica este suelo como ligeramente sódico (entre 7 y 15).

R-022/02

Fecha de emisión: 20/08/2007

Página 2 de 4

Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.

REFERENCIA MUESTRA: 128755



5.- CONSIDERACIONES FINALES.

- SALINIDAD.** Muy Salino. Los iones más tóxicos, Sodio y Cloruros se encuentran en una concentración muy alta. La sodicidad del Suelo o Saturación de Sodio es ligera.
- FERTILIDAD.** De los datos observados en la tabla de fertilidad, el Nitrogeno Amoniacal y Orgánico, presenta un nivel alto, así como el valor de la Materia Orgánica es muy alto, para este tipo de suelo; el Nitrogeno Nítrico, muy alto, esta fracción de Nitrogeno es bastante fluctuante. El Fósforo asimilable ton un valor muy alto. Potasio asimilable, presenta nivel muy alto.
- OTRAS DETERMINACIONES.** Destacar, que es un suelo pesado (alto porcentaje de arcilla), con contenido muy alto de Caliza, y pH alto



LABORATORIO KUDAM S.L.
P.L. CAÑADA DE PRADOS, C/ FENÓLICOS, 41
03019 PLAZA DE LA INDEPENDENCIA (Albacete) Apdo. correos 157
Telf: 966 766 401 - 966 767 013 Fax: 965 35 22 58
Web: www.kudam.com



FECHA ENTRADA MUESTRA: 10/8/2007
FECHA INICIO ENSAYO: 20/8/2007
FECHA FINAL ENSAYO: 21/8/2007

CÓDIGO CLIENTE: 2383
CLIENTE: I.M.I.D.A.
DIRECCIÓN: C/ MAYOR, S/N
C.P.: 30150
POBLACIÓN: LA ALBERCA
TELÉFONO: 968386718

MUESTREO EXTERNO
ENTREGADO POR: PEDRO PONCE ASENSIO
TIPO MUESTRA: SUELO
IDENTIFICACIÓN MUESTRA: 2706 gr. DE SUELO EN BOLSA DE PLASTICO

OBSERVACIONES: L-8
8/8/07

ANÁLISIS SOLICITADO (según tarifa R-060/20): SUE002

REFERENCIA MUESTRA: 128758



INFORME DE ENSAYO

Los resultados analíticos están expresados en las unidades correspondientes sobre muestra seca al aire.

RESULTADOS: Los resultados obtenidos, con su incertidumbre para un factor K=2 han sido los siguientes:

La incertidumbre indicada corresponde a la incertidumbre expandida utilizando un valor de k=2, el cual corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%

Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método
*Extracto acuoso	1:2 (suelo:agua)		No Aplica	
pH (extracto acuoso 1:2, a 27.4°C)	7.46		± 0.20	SUE2400
*Color	10YR 5/3 Marrón		No Aplica	SUE1400
SALINIDAD				
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método
Conductividad (extracto acuoso 1:2, a 25°C)	7.91	(mS/cm)	± 11 %	SUE2401
*Cloruros (en el extracto acuoso)	23.26	(meq/l)	No Aplica	SUE2000
*Sulfatos (en el extracto acuoso)	52.12	(meq/l)	No Aplica	SUE2000
*Sodio (en el extracto acuoso)	22.81	(meq/l)	No Aplica	SUE2800
*Sodio asimilable	2543.39	(ppm)	No Aplica	SUE2900
*Bicarbonatos	1.48	(meq/l)	No Aplica	SUE0108
FERTILIDAD				
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método
*Nitrógeno (Orgánico + Amónico)	0.44	(%)	No Aplica	SUE0300
*Nitratos (en el extracto acuoso)	4621.48	(ppm)	No Aplica	SUE2000
*Fósforo Asimilable	779.80	(ppm)	No Aplica	SUE2600
*Potasio (en el extracto acuoso)	12.62	(meq/l)	No Aplica	SUE2800
*Calcio (en el extracto acuoso)	40.40	(meq/l)	No Aplica	SUE2800
*Magnesio (en el extracto acuoso)	29.22	(meq/l)	No Aplica	SUE2800
*Potasio Asimilable	1790.71	(ppm)	No Aplica	SUE2900
*Calcio asimilable	7346.16	(ppm)	No Aplica	SUE3000
*Magnesio asimilable	1657.29	(ppm)	No Aplica	SUE3000
Materia Orgánica	> 4.40	(%)	± 16 %	SUE0201
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO				
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método
*Calcio de cambio	15.65	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705
*Magnesio de cambio	7.79	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705
*Potasio de cambio	2.06	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705
*Sodio de cambio	2.50	(meq/100g)	No Aplica	SUE0705
*Capacidad de cambio	28.00	(meq/100g)	No Aplica	SUE0602
MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES				
Determinaciones	Resultado	(Unidades)	Incertidumbre	Método
*Hierro asimilable	20.86	(ppm)	No Aplica	SUE2700
*Boro asimilable	1.30	(ppm)	No Aplica	SUE0502
*Manganeso asimilable	14.30	(ppm)	No Aplica	SUE2700
*Cobre asimilable	3.42	(ppm)	No Aplica	SUE2700
*Cinc Asimilable	18.04	(ppm)	No Aplica	SUE2700
*Caliza total	35.00	(%)	No Aplica	SUE0800
*Caliza activa	11.14	(%)	No Aplica	SUE0900
ÍNDICES				
Índice	Resultado (Unidades)	Índice	Resultado (Unidades)	
*Densidad aparente	0.99 (g/cc)	*Relación de Absorción de Sodio (SAR)	3.87	
*Relación Carbono/Nitrógeno	9.64	*Porcentaje de saturación de sodio	8.93 %	
*Porcentaje de saturación	(g/kg)			

*TEXTURA (SUE1101) : Arcillosa



Arena (30%)
Limo (30%)
Arcilla (40%)

ABREVIATURAS: **N.A.**: No Aplica **N.D.**: No Detectado **No Disp.**: No Disponible

LAS DETERMINACIONES MARCADAS CON UN ASTERISCO (*) EN ESTE INFORME ESTÁN EXCLUIDAS EN EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO.

INFORMACIÓN NO AMPARADA POR EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN

RESULTADOS FUERA DEL RANGO ACREDITADO

Determinaciones	Resultado	(Unidades)
Materia Orgánica	7.31	(%)



REFERENCIA MUESTRA: 128756

INFORME AGRONÓMICO

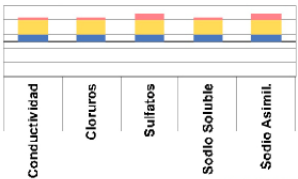
El presente informe consta de los siguientes apartados:

- 1.- Niveles.
- 2.- Extracto 1:2 (suelo:agua).
- 3.- Capacidad de Cambio Catiónico.
- 4.- Otras determinaciones.
- 5.- Consideraciones Finales.

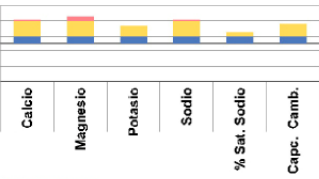
1.- NIVELES.

NIVELES DE SALINIDAD

Muy Alto
Alto
Normal
Bajo
Muy Bajo

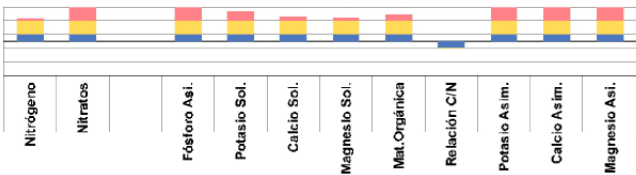


CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO



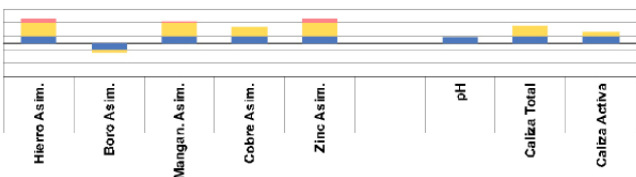
NIVELES DE FERTILIDAD

Muy Alto
Alto
Normal
Bajo
Muy Bajo



MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES

Muy Alto
Alto
Normal
Bajo
Muy Bajo



R-022/02

Fecha de emisión: 21/08/2007

Página 1 de 4

Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.



REFERENCIA MUESTRA: 128756

4.- ELEMENTOS ASIMILABLES Y OTRAS DETERMINACIONES.

MICROELEMENTOS ASIMILABLES		ÓPTIMO		
BORO (ppm):	130	1.50 - 3	BAJO	3.86 Kg/Ha
HIERRO (ppm):	20.86	2 - 4	MUY ALTO	61.95 Kg/Ha
MANGANESO (ppm):	14.30	1 - 3	MUY ALTO	42.47 Kg/Ha
COBRE (ppm):	3.42	1.20 - 2	ALTO	10.16 Kg/Ha
ZINC (ppm):	18.04	1.25 - 2.50	MUY ALTO	53.58 Kg/Ha
MOLIBDENO (ppm):				
MACROELEMENTOS ASIMILABLES		ÓPTIMO		
FÓSFORO (ppm):	779.80	30 - 50	MUY ALTO	5303.65 Kg(P2O5)/Ha
SODIO (ppm):	2543.39	< 250	MUY ALTO	7533.87 Kg/Ha
POTASIO (ppm):	1780.71	280 - 420	MUY ALTO	6382.09 Kg(K2O)/Ha
CALCIO (ppm):	7346.16	1300 - 3200	MUY ALTO	30545.33 Kg(CaO)/Ha
MAGNESIO (ppm):	1657.29	140 - 460	MUY ALTO	8160.93 Kg(MgO)/Ha
OTRAS DETERMINACIONES		ÓPTIMO		
CALIZA TOTAL (%):	35.00	10 - 20	ALTO	1039.50 Tn/Ha
CALIZA ACTIVA (%):	11.14	6 - 9	ALTO	330.86 Tn/Ha
MATERIA ORGÁNICA (%):	7.31	3 - 4	MUY ALTO	217.11 Tn/Ha
NITRÓGENO (ORGÁNICO+AMONICAL) (%):	0.44	0.10 - 0.21	MUY ALTO	13068.00 Kg(N)/Ha

- Los valores de los cationes asimilables (Calcio, Magnesio, Potasio) junto con Fósforo, Materia Orgánica y Nitrogeno, informan del grado de fertilidad que presenta el suelo.
- El nivel de referencia para el Nitrogeno es el del Nitrogeno Orgánico y Amoniacal. Este suelo presenta una Relación Carbono/Nitrogeno BAJA (menor que 10), lo que indicaría una excesiva liberación de Nitrogeno nítrico.
- CARBONATO CÁLCICO, Tanto el "Total" como el "Activo" toman valores altos, lo que podría producir el bloqueo de ciertos nutrientes: Hierro (clorosis Férmica), Zinc, Cobre, Manganeso, Fósforo, Potasio y Magnesio. Se pueden ir amortiguando estos niveles excesivos mediante la aplicación de Ácidos en el abonado, así como para contrarrestar la absorción de estos nutrientes se pueden hacer aportaciones extras de Materia Orgánica.
- La densidad aparente (Da) es la razón de la masa de suelo seco al volumen de dicho suelo en su estado natural, es decir, considerando el volumen que ocupan las partículas sólidas y los poros. El método, utilizado para calcular la densidad aparente es la ecuación de regresión múltiple propuesta por Santos, F. (1979) que se expresa a continuación:
 $Da (g/cm^3) = 1.5456 + ((0.0015 \% Arena) - (0.0022 \% Arcilla) - (0.0707 \% Materia Orgánica))$
- TEXTURA. Se trata de un suelo "pesado", con alta capacidad de retención de agua y abonos.
- COLOR. Es una propiedad importante en el reconocimiento y clasificación de los suelos y en la fotointerpretación. La nomenclatura está basada en la tabla Munsell (matiz, brillo e intensidad). Entre las diferentes coloraciones nos podemos encontrar: Rojos y Amarillos (presencia de óxidos de Hierro en sus diversos estados de hidratación), Blancos (presencia de Caliza, Yeso, Cuarzo, Arcillas decoloradas o inflorescencias salinas de Cloruros y Sulfatos), Negros (materia orgánica) y Grises (mezcla de blancos y negros).



REFERENCIA MUESTRA: 128756

2.- EXTRACTO 1:2 (SUELO:AGUA).

DETERMINACION					NIVELES ÓPTIMO:
pH	7.46				6.50 - 7.50
Conductividad eléctrica	7.91				0.75 - 1.50
S.A.R.	3.87				< 10
Elementos en el extracto		mg/l	meq/l	mmol/l	NIVELES ÓPTIMOS (mmol/l)
Sulfatos	14860.45 Kg/Ha	2301.76	52.12	26.06	< 2
Cloruros	4904.84 Kg/Ha	825.73	23.26	23.26	< 3
Nitratos	3099.37 Kg(N)/Ha	2310.74	37.27	37.27	1.50 - 4
Sodio	3116.30 Kg/Ha	524.63	22.81	22.81	< 3
Potasio	3517.25 Kg(K2O)/Ha	493.44	12.62	12.62	0.75 - 2
Calcio	6719.33 Kg(CaO)/Ha	808.00	40.40	20.20	1 - 2
Magnesio	3498.18 Kg(MgO)/Ha	355.02	29.22	14.61	0.63 - 2
Fosfatos					

- Concentración de Sales, presenta niveles muy altos en Sodio, Cloruros y Sulfatos.
- Conductividad en el Extracto 1:2 (suelo:agua), 7,91 mmho/cm califican este suelo como muy salino (mayor o igual a 5). Hay que considerar que nutrientes como Calcio, Magnesio, Potasio y Nitratos, también contribuyen en la conductividad.
- pH (reacción del suelo). Alcanza un nivel normal.

3.- CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONICO (C.I.C.)

DETERMINACION	meq/100 g suelo	ÓPTIMO	ppm	(%)	NIVEL	
C.I.C. (suma de cationes)	28.00	10 - 20			ALTO	-
Calcio	15.65	6 - 10.50	3130.00	55.89	MUY ALTO	13040.57 Kg(CaO)/Ha
Magnesio	7.79	1.30 - 3	946.49	27.82	MUY ALTO	4664.59 Kg(MgO)/Ha
Potasio	2.06	0.70 - 1.20	805.46	7.36	ALTO	2870.66 Kg(K2O)/Ha
Sodio	2.50	< 0.50	575.00	8.93	MUY ALTO	1707.75 Kg/Ha
Relación Calcio/Magnesio	2.01	1 - 10			NORMAL	-
Relación Potasio/Magnesio	0.26	0.20 - 0.50			NORMAL	-
Saturación Sodio (%)	8.93	< 7			ALTO	-

- Es la posibilidad que tiene un suelo de retener elementos en forma catiónica en suelos alcalinos. El mayor o menor valor de esta retención dependerá del contenido de Arcilla y Materia Orgánica, con valores altos de estos dos parámetros mayor capacidad de intercambio presenta un suelo.
- La C.I.C., en suelos alcalinos, coincide con la suma de los Cationes de Cambio. Los Cationes de Cambio (sodio, potasio, calcio y magnesio) se determinan como la diferencia entre los elementos asimilables y los solubles, medidos en el extracto acuoso.
- Saturación de Sodio (mide el grado de sodificación del suelo), 8,93%, clasifica este suelo como ligeramente sódico (entre 7 y 15).

3-022/02

Fecha de emisión: 21/08/2007

Página 2 de 2

Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.



REFERENCIA MUESTRA: 128756

5.- CONSIDERACIONES FINALES.

- SALINIDAD.** Muy Salino. Los iones más tóxicos, Sodio y Cloruros se encuentran en una concentración muy alta. La sodicidad del Suelo o Saturación de Sodio es ligera.
- FERTILIDAD.** De los datos observados en la tabla de fertilidad, el Nitrogeno Amoniacal y Orgánico, presenta un nivel muy alto, así como el valor de la Materia Orgánica, para este tipo de suelo; el Nitrogeno Nítrico, muy alto, esta fracción de Nitrogeno es bastante fluctuante. El Fósforo asimilable toma un valor muy alto. Potasio asimilable, presenta nivel muy alto.
- OTRAS DETERMINACIONES.** Destacar, que es un suelo pesado (alto porcentaje de arcilla), con contenido alto de Caliza, y pH normal

5.- Análisis del agua de riego

Características del agua de riego empleada.

El agua empleada para riego proviene del trasvase Tajo-Segura y presenta el análisis que se muestra a continuación. El agua fue analizada en un laboratorio agrícola.

ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA DE RIEGO

Sodio (meq•l-1)	4'07
Potasio (meq•l-1)	0'15
Calcio (meq•l-1)	4'93
Magnesio (meq•l-1)	4'72
Cloruros (meq•l-1)	3'56
Sulfatos (meq•l-1)	8'79
Carbonatos (meq•l-1)	0'00
Bicarbonatos (meq•l-1)	1'52
Nitratos (mg•l-1)	0'1
Nitrógeno amoniacal (meq•l-1)	0'02
Fosfatos (mg•l-1)	<0'1
pH	7'95
C.E. (mmho•cm-1)	1'24
Sales solubles (g•l-1)	0'9
Boro (mg•l-1)	0'11

6.- Análisis del estiércol, año 2004

ANÁLISIS DE ESTIÉRCOL FERMENTADO DE CABALLO CULTIVO 2003-2004

	Muestra fresca	Muestra seca
PH (1:25)		8.57
Humedad (% p/p)	40.23	
Materia Orgánica Total- CALCINACIÓN (% p/p)	25.31	42.35
Cenizas (% p/p)	34.46	57.65
Nitrógeno TOTAL (% N, p/p)	1.12	1.87
Relación Carbono/Nitrogeno	13.14	13.14
Fósforo (% P ₂ O ₅ , p/p)	1.34	2.25
Potasio (% K ₂ O, p/p)	2.95	4.93
Calcio (% CaO, p/p)	11.93	19.96
Magnesio (% MgO, p/p)	1.23	2.05
Hierro (ppm Fe, p/p)	4464.82	7470.00
Manganeso (ppm Mn, p/p)	155.40	260.00
Cobre (ppm Cu, p/p)	22.41	37.50
Zinc (ppm Zn, p/p)	134.48	225.00
Boro (ppm B, p/p)	34.94	58.45
Sodio (% Na, p/p)	0.59	0.98
Cloruros (% Cl ⁻ , p/p)	1.03	1.73
Azufre (% S, p/p)	0.61	1.02

Muestra tomada el 30 de enero de 2004