



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Efecto de dosis de fosfonato de calcio (Saeta) en el cultivo de ají pimentón
(*Capsicum annuum* L.) variedad California Wonder, en el distrito de Lamas**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo

AUTOR:

Disney Ramon Pinto Balseca

ASESOR:

Ing. Jorge Luís Peláez Rivera

Tarapoto – Perú

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Efecto de dosis de fosfonato de calcio (Saeta) en el cultivo de ají pimentón
(*Capsicum annuum* L.) variedad California Wonder, en el distrito de Lamas**

AUTOR:

Disney Ramón Pinto Balseca

Sustentada y aprobada el 08 de octubre del 2020, ante el honorable jurado

.....
Dr. Jaime Walter Alvarado Ramírez

Presidente

.....
Ing. M. Sc. Tedy Castillo Díaz

Secretario

.....
Ing. Eybis José Flores García

Miembro

.....
Ing. Jorge Luis Peláez Rivera

Asesor

Declaratoria de autenticidad

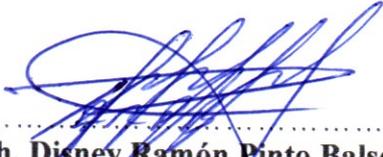
Disney Ramón Pinto Balseca, con DNI N° 45381125, egresado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, autor de la tesis titulada: **Efecto de dosis de fosfonato de calcio (Saeta) en el cultivo de ají pimentón (*Capsicum annuum* L.) variedad California Wonder, en el distrito de Lamas.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mí accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 08 de octubre del 2020.



.....
Bach. Disney Ramón Pinto Balseca
DNI N° 45381125

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Pinto Balseca Disney Ramón		
Código de alumno :	071173	Teléfono:	980119089
Correo electrónico :	Pintobalseca_89@hotmail.com DNI: 45381125		

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ciencias Agrarias
Escuela Profesional de:	AGRONOMÍA

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	EFFECTO DE DOSIS DE FOSFONATO DE CALCIO (SAETA) EN EL CULTIVO DE AJI PIMENTON (<i>Capsicum annuum</i> L.) VARIEDAD CALIFORNIA WONDER, EN EL DISTRITO DE LDMAS
Año de publicación:	2020

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

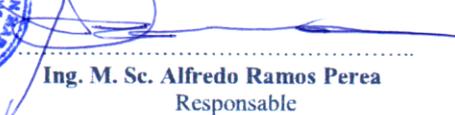

Firma y huella del Autor

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

18 / 12 / 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A Dios, forjador de mi existencia que guía mis pasos por las sendas del bien.

Con todo mi corazón a mis eternos amores Wagner Pinto Ríos y Dalmir Balseca Salvador mis padres, aunque ya no se encuentren presente los llevo siempre en mi mente y mi corazón porque gracias a ellos soy la persona quien soy ahora, sin ellos ni sus enseñanzas nada sería, por forjar un hombre de bien, luchando cada día por brindarnos lo que necesitábamos y sobre todo ellos su amor y apoyo incondicional por todos sus hijos. Agradecido eternamente a ustedes.

A la luz de mis ojos Wagner Santiago Pinto García, mi hijo que con su llegada conocí el amor con su sonrisa me hace pensar en la inocencia y a la vez en el amor más puro que pueda existir, pensando siempre que el motor y motivo de seguir en la lucha de superación para brindarle el mejor ejemplo y guiar sus pasos por el bien con amor.

Y a mis futuros hijos e hijas los esperaré siempre con mucho amor.

A Lliney García Cárdenas, la personita que siempre esta a mi lado brindándome todo su apoyo, su incondicional ayuda moral, la que siempre esta ahí esperando a pesar de las dificultades que se nos presente con su comprensión, amabilidad y sobre todo paciencia, siempre agradecido.

A la personita que llegó a mi vida que me dice papá ella sabe que la quiero mucho, eternamente agradecido con el amor de hija que siente por mí.

A mis hermanos que siempre están ahí a pesar de las dificultades, ayudándonos y luchando a pesar de las adversidades. Familia, ante todo.

Agradecimiento

Quiero agradecer a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, por cobijarme en sus aulas donde conocí personas maravillosas que quedaran grabados en mi memoria.

A mis padres siempre agradecidos, los amaré por siempre.

A mi asesor de tesis Ing. Jorge Luis Pelaez Rivera, más que asesor es como un padre para mí con sus consejos, las charlas amenas inculcando siempre cosas con sabiduría donde prime la humildad y el respeto.

Ing. Dr. Jaime Walter Alvarado, buen amigo consejero con su chispa siempre mostrando respeto hacia los demás, me queda el agradecimiento de su amistad.

Ing. M.Sc. Tedy Castillo Díaz, al conocerlo me di cuenta que se puede construir una bonita amistad brindándonos la confianza y la serenidad del respeto.

Ing. Eybis José Flores García, puedo decir muchas cosas, pero decido quedarme con lo más importante las buenas charlas, tus consejos, tus mejores ejemplos para salir adelante quien nos da un prototipo de lucha y superación, tus buenas críticas los llevaré en mi mente, las malas ejemplo para seguir luchando y ser mejor cada día, gracias amigo y maestro.

A todas y cada una de las personas que siempre los tendré presente por algún motivo llegaron a formar parte de mi vida, les estoy agradecido por todo.

Eternamente agradecido con todos ustedes.

Índice general

	Página
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 Importancia del calcio y fosforo en el pimentón	3
1.2 El fósforo y su importancia en los cultivos	6
1.3 Origen del cultivo	8
1.4 Requerimientos edafoclimáticos	12
1.5 Fertilización	14
1.6 Sistema Drench	16
1.7 Los microelementos en los cultivos	17
1.8 Ficha técnica de Fosfonato de calcio (Saeta)	17
1.9 Trabajos realizados en ají pimentón	18
CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS	22
2.1 Materiales	22
2.2 Metodología	22
2.3 Conducción del experimento	25
2.4 Labores culturales	26
2.5 Indicadores evaluados	27
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.1 Resultados	29
3.2 Discusión	35

CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	46
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	47
ANEXOS	52

Resumen

El trabajo de investigación titulada “Efecto de dosis de fosfonato de calcio en el cultivo de ají pimentón (*Capsicum annuum* L.) variedad California Wonder, en el distrito de Lamas”, tuvo como objetivo general determinar la dosis más óptima del fosfonato de calcio en la productividad y rendimiento del cultivo de ají pimentón (*Capsicum annuum* L.) variedad California Wonder en el distrito de Lamas, dicha investigación fue realizada en el fundo El Pacifico en el distrito y provincia de Lamas, con una población de 225 plantas en 5 tratamientos y 3 repeticiones, cada muestra estuvo conformada con 10 plantas de ají pimentón por tratamiento haciendo un total de 150 muestras, con un DBCA de 15 unidades experimentales procesadas con el programa SPSS 22 y Duncan de $P < 0,05$, las variables estudiadas fueron altura de planta, número de flores por planta, número de frutos cosechados por planta, diámetro del fruto, peso de fruto por planta y por tratamiento, rendimiento $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ y análisis económico, concluyendo concluimos que la mejor dosis de fosfonato de calcio fue $1,0 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ obteniendo mejores respuestas en las variables estudiadas.

Palabras clave: Ají pimentón, dosis de fosfonato, dosis óptima, calcio, cultivo, tratamientos, productividad y rendimiento.

Abstract

The research work entitled "Effect of doses of calcium phosphonate in the cultivation of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) variety California Wonder, in the district of Lamas", had as general objective to determine the most optimal dose of calcium phosphonate in the productivity and yield of the bell pepper (*Capsicum annuum* L.) variety California Wonder in the district of Lamas. This research was carried out in the farm El Pacifico in the district and province of Lamas, with a population of 225 plants distributed in 5 treatments and 3 repetitions, each sample was conformed with 10 bell pepper plants per treatment, making a total of 150 samples. A DBCA of 15 experimental units was used a processed with the program SPSS 22 and Duncan of $P < 0.05$. The studied variables were plant height, number of flowers per plant, number of harvested fruits per plant, fruit diameter, fruit weight per plant and per treatment, yield $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ and economic analysis. It was concluded that the best dose of calcium phosphonate was $1.0 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ obtaining better responses in the studied variables.

Key words: Bell pepper, phosphonate dose, optimal dose, calcium, crop, treatments, productivity and yield.



Introducción

El ají pimentón (*Capsicum annuum L.*), es una hortaliza de gran importancia económica y comercial en el mundo por sus múltiples aplicaciones que se utiliza en la nutrición humana y por su alto contenido de vitamina “C” (INFOAGRO 2002). Cada día existe una gran demanda por el ají pimentón, especialmente en los mercados europeos y uno de los países de mayor producción mundial de pimientos frescos, es el país de la China, con una producción de 10 533 584 toneladas métricas, seguido de México, con 1733 900 toneladas métricas, Turquía 1500 000 toneladas métricas, España 989 600 toneladas métricas (INIA 1995).

La gran importancia del ají pimentón se basa en su alto contenido de minerales y vitaminas, elementos indispensables para el desarrollo y correcto funcionamiento de los diferentes órganos humanos. Es considerado como un activador de las secreciones gástricas y un eficaz catalizador del proceso asimilativo. La gran aceptación y preferencia del ají pimentón se debe a sus cualidades gustativas, a la posibilidad de su amplio uso en estado fresco, elaborado en múltiples formas y su relativo aporte de vitaminas y minerales (Infoagro, 2018).

La superficie cosechada de *Capsicum* en el Perú en los años 2014-2015 fue de 11,667 has, de las cuales 5,787 has corresponden a los tipos picantes (ajíes y rocoto) en los ajíes (aunque no diferencian entre los distintos tipos) se observa que existe una amplia diferencia entre el rendimiento máximo y el rendimiento promedio nacional, lo cual permite afirmar que existe potencial para que las mejoras genéticas y agronómicas impulsen la producción de ajíes, dependiendo de los requerimientos de los mercados (MINAGRI, 2016).

En la región San Martín, especialmente en el distrito de Lamas y por las condiciones climáticas óptimas se viene fomentándose diversos sembríos de cultivos en lechuga, cebolla china, culantro y ají pimentón. El cultivo de ají pimentón, usando la variedad California Wonder, su fomento acontece desde la investigación realizado por Villalobos (2015).

Las limitaciones del cultivo están relacionadas por la falta de un control eficiente de las plagas y enfermedades (Barber, 1994), efecto del mal uso de fertilizantes químicos que

muchas veces degradan el suelo (Cáceres, 1984). La degradación de los suelos en el cultivo intensivo de hortalizas crea un problema crucial en la actividad hortícola, causando la disminución del rendimiento del cultivo.

El trabajo de investigación se realizó en función a la aplicación de cuatro dosis de fosfonato de calcio en el cultivo de ají pimentón usando la variedad California Wonder bajo condiciones climáticas del distrito de Lamas, con la finalidad de determinar cuál de las dosis a aplicarse tienden a incrementar la productividad del cultivo.

La hipótesis planteada fue que si con la aplicación de una dosis óptima de fosfonato de calcio bajo condiciones del distrito de Lamas incrementarán el rendimiento del cultivo de ají pimentón usando la variedad California Wonder. El informe de investigación tuvo como **objetivo general** determinar la dosis más óptima del fosfonato de calcio en la productividad y rendimiento del cultivo de ají pimentón (*Capsicum annuum* L.) variedad California Wonder en el distrito de Lamas, y como **específicos** de evaluar el efecto del fosfonato de calcio en el desarrollo vegetativo, productividad y rendimiento del cultivo de ají pimentón (*Capsicum annuum* L.) California Wonder y determinar el análisis económico para cada tratamiento. Los resultados obtenidos de la presente investigación servirán para fomentar el cultivo del ají pimentón, variedad California Wonder entre los productores hortícolas de la región San Martín.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Importancia del calcio y fosforo en el pimentón

1.1.1. El calcio

El calcio (Ca^{++}) es un elemento esencial para las plantas. Interviene en la formación de compuestos que forman la pared celular (pectatos de calcio). También mantiene la integridad de la membrana, lo que afecta la permeabilidad e integridad de la misma, así como la absorción nutrimental. Los pectatos de calcio en las paredes celulares protegen los tejidos contra hongos; por otra parte, es un elemento importante en el crecimiento del tubo polínico (Rodríguez y Flórez, 2004).

Bowen y Kratky (1981), indican que para realizar aplicaciones foliares con calcio éstas deben estar en forma de soluciones de sales como cloruros y nitrato de Ca^{++} . Además, menciona que el calcio se transporta a través de xilema de la planta, en este tejido de conducción los iones de calcio se van fijando a las moléculas de lignina y únicamente desplazan por intercambio de un Ion similar o de calcio específicamente. Es un elemento importante en el desarrollo de las plantas, estimula el desarrollo de las raíces y hojas, forma compuestos que son parte de las paredes celulares, dando resistencia a la estructura de la planta. Los mismos autores relacionan que además el calcio ayuda a reducir los nitratos, neutraliza los ácidos orgánicos en los tejidos de los vegetales, activando numerosos sistemas enzimáticos. Influye, además en el rendimiento en forma indirecta, reduce la acidez de los suelos mejorando las condiciones de crecimiento de las raíces y estimulando la actividad microbiana, disponibilidad de molibdeno y la absorción de otros nutrientes.

La FAO (2017), formula que las mejores formas absorbidas del Ca^{++} son: Nutriente esencial en las paredes de las células como pectato cálcico; mantiene la integridad de la membrana y forma parte de la enzima α -amilasa, muy importante en la regulación del pH, fortalece las raíces, regula la absorción de nutrientes, elemento de baja movilidad en el xilema y menor vía floema.

El Ca^{++} activa y regula la división y el alargamiento celular. Influye en la compartimentación de la célula relacionada con la especialización de los órganos celulares. En consecuencia, resulta imprescindible para el desarrollo de órganos de crecimiento como raíces, brotes, frutos, etc. Carencias de Ca^{++} se manifiestan en deficiencias en la formación de la pared celular de los tejidos nuevos (puntas de las raíces, hojas jóvenes y brotes). En definitiva, la incorporación de Ca^{++} a la planta a través de las raíces está fuertemente condicionada por gran cantidad de procesos y factores más allá de la disponibilidad de calcio en el suelo: pH, presencia de iones antagónicos, estado hídrico del suelo, crecimiento activo de raíces jóvenes, regulación de la transpiración, momento fenológico, etc. En particular, el suministro de Ca^{++} al fruto por vía radicular es naturalmente muy difícil una vez superada la fase de multiplicación celular a las pocas semanas del cuajado. La aplicación de Ca^{++} por vía foliar es necesaria si queremos asegurar la incorporación de Ca^{++} en todos los tejidos a lo largo de toda la campaña, especialmente en los tejidos en desarrollo por tener escasa transpiración y los órganos alimentados preferencialmente por el floema como los frutos (Sánchez, 2017).

1.1.2. Deficiencia del calcio

El Ca^{++} entra a la planta por las raíces de manera simplástica y apoplástica, y ya en la planta una pequeña parte se concentra en la vacuola y el resto pasa a formar parte de las paredes celulares. La rigidez y elasticidad de las paredes celulares es afectada por la concentración de calcio, en consecuencia, a bajas concentraciones la pared celular se ve flexible y sensible a rupturas, y viceversa. Además, la permeabilidad de la membrana se ve modificada por este elemento, donde se conoce que de manera general el Ca^{++} mediante enlaces de fosfolípidos controla la permeabilidad, mientras que una baja concentración causa grandes aumentos y que las raíces y hojas sean más propensas a exudar compuestos orgánicos donde se pueden establecer patógenos (Intagri, 2018).

La deficiencia de este elemento impide el desarrollo de la planta, ya que los tejidos meristemáticos de la parte aérea y de la raíz se afectan por división celular incompleta. Como consecuencia, las hojas y las raíces nuevas se desarrollan con deformaciones. La deficiencia de calcio en plantas de girasol ocasiona el tallo curvado hacia abajo antes de la aparición de la flor. En coliflor, la deficiencia se observa en las hojas más jóvenes, presentándose una deformación en forma de garra. En el follaje de tomate causa clorosis y

necrosis marginal y hojas de bordes rizados hacia delante, en frutos ocasiona la pudrición apical. Esta misma sintomatología se presenta en frutos de pimentón (Bergman, 1993).

FAO (2017), menciona que la característica esencial del calcio es su ausencia de movilidad en la planta a tal punto que, en el mismo vegetal, es posible observar simultáneamente hojas viejas que han acumulado concentraciones elevadas en calcio y hojas jóvenes que presentan signos de deficiencia. La carencia se manifiesta en los órganos jóvenes principalmente hojas; en los frutos, una mala nutrición cálcica es la causa de enfermedades fisiológica como la necrosis apical del tomate y una toxicidad producirán deficiencia ya sea de Mg o K.

La presencia de Ca^{++} en los frutos, pese a existir en grandes cantidades en el suelo, depende de numerosos factores. Aun cuando existe Ca^{++} disponible para la absorción radicular, la absorción y transporte de Ca^{++} desde el suelo a los frutos es un proceso muy sensible a condiciones atmosféricas y fisiológicas. Es común que aparezcan carencias de Ca^{++} en frutos, aunque en el suelo y las hojas existan niveles aceptables. Esto es debido a: 1) La dinámica de los nutrientes en el suelo y 2) El movimiento del Ca^{++} dentro de las plantas.

Las partes más jóvenes de la planta en relación a las más viejas. Ese síntoma concuerda con el descrito por Pinto *et al.* (2006), pero en las hojas más viejas de las plantas de ají, las cuales tenían un color verde oscuro o verde azulado.

En las hojas ubicadas en el tercio superior de la planta donde aparecieron los primeros síntomas, la concentración de fósforo fue $0,7 \pm 0,0 \text{ g kg}^{-1}$, mientras que en esas mismas hojas, pero en las plantas sometidas al tratamiento con la solución nutritiva completa, la concentración de fósforo fue $4,7 \pm 0,2 \text{ g kg}^{-1}$, estando dentro del rango de niveles adecuados ($3-7 \text{ g kg}^{-1}$) para el pimiento (Trani y Raij, 1997).

A los 32 días de la omisión de fósforo, las hojas más viejas comenzaron a mostrar en las nervuras tonos violáceos. La deficiencia de fósforo puede causar, especialmente a lo largo de las nervuras de las hojas, la visualización de pigmentos rojos, violáceos y marrones, debido a la acumulación de antocianina en las vacuolas (Epstein y Bloom, 2006).

Posteriormente, las hojas más viejas comenzaron a mostrar un desverdecido, que más tarde evolucionó a manchas cloróticas. El desverdeamiento puede ser debido a la descomposición moderada de las clorofilas y a la redistribución de fósforo para las hojas nuevas. La clorosis en las hojas más viejas del pimiento también fue relatada por Fernández y Haag (1972), pero en el ápice del limbo con la porción basal de color verde oscuro.

El síntoma inicial de la deficiencia de calcio fue observado en los frutos en crecimiento. Es conocido como pudrición estilar, pudrición apical o *Blossom-end rot*, y afecta también al tomate, berenjena y melón. Primeramente, fue constatada la aparición de una mancha en la superficie del fruto, en la región opuesta a la inserción del pedúnculo. La mancha se destacaba por ser ligeramente más oscura que el tejido de la epidermis del fruto, dando la impresión de ser un tejido húmedo. La evolución del desorden fisiológico fue caracterizada por la muerte del tejido, retratado por la presencia de manchas de color marrón claro. Posteriormente, ocurrió la paralización del crecimiento del fruto, la pudrición del tejido necrótico y el aceleramiento de la maduración. Todos los síntomas descritos, así como los factores y mecanismos que la ocasionan, coinciden con la caracterización hecha por Tonetto de Freitas y Mitcham (2012) sobre este disturbio nutricional.

En el momento de la visualización de los síntomas de deficiencia de calcio en los frutos, la concentración de ese nutriente en la hoja de diagnóstico nutricional era de $9,6 \pm 0,4 \text{ g kg}^{-1}$. Este valor está por debajo del rango de concentraciones adecuadas para el pimiento ($10\text{-}35 \text{ g kg}^{-1}$ de calcio), citado por Trani y Raij (1997). En el mismo tipo de hojas y en la misma época de aparición del primer síntoma de deficiencia de calcio, pero en plantas cultivadas con la solución nutritiva completa, la concentración de calcio era de $14,0 \pm 0,6 \text{ g kg}^{-1}$, valor que está dentro del rango recomendado para el pimiento por Trani y Raij (1997).

1.2. El fósforo y su importancia en los cultivos

El fósforo contribuye a la división celular y crecimiento interviene específicamente en la etapa de desarrollo radicular, floración y fructificación y formación de semillas, estos compuestos son productos intermediarios obtenidos en los procesos de la fotosíntesis y respiración, a estos procesos de conversión de azúcares se lo denomina fosforilación, también interviene en la maduración temprana de los frutos especialmente en los cereales y

en la calidad de la cosecha dando más consistencia al grano y da resistencia al tallo ayudando a prevenir la tumbada (Guadron,1990).

FAO (2017), formas absorbidas: $(\text{HPO}_4)^-$ $-(\text{H}_2\text{PO}_4)^-$ es fundamental en la división celular, aporta energía durante la fotosíntesis y el transporte de carbohidratos, facilita la formación rápida y crecimiento de las raíces, estimula la formación de semillas, da vigor a los cultivos para defenderse del rigor del invierno y regulador principal de todos los ciclos vitales de las plantas

1.2.1. Funciones y deficiencias del fósforo en el cultivo

Una de las principales causas de la deficiencia de fósforo es el pH del suelo, en suelos alcalinos, es decir, con pH mayor a 7, la solubilidad del fósforo disminuye debido que reacciona con el calcio (Ca) formando compuestos insolubles o de baja solubilidad como los fosfatos de calcio, pero en suelos con pH menor a 6 tiende a ser fijado por el aluminio (Al) y el hierro (Fe), precipitando como compuestos insolubles el rango de pH del suelo donde se da la máxima disponibilidad de fósforo va de 6 a 7 (Intagri, 2017).

FAO (2018), indica que su carencia se manifiesta por retraso en la floración y baja producción de frutos y semillas; y un exceso puede provocar la fijación de elementos como el zinc en el suelo, cuando hay deficiencia de este elemento se observan por el envés de las hojas decoloraciones entre las nervaduras ó intervenal marrón amarillentas, así como una disminución del número de semillas, influyendo en su aparición suelos calizos, los muy arcillosos y los períodos de bajas temperaturas, la carencia se desplaza desde las hojas más bajas a las superiores (Reche, 2010). La deficiencia de fósforo disminuye drásticamente la floración, producción y calidad del fruto, creando raquitismo en la planta, expresada en tallos delgados y fibrosos con una coloración púrpura opaca; mientras, las hojas adquieren una coloración verde oscuro o azulada, con tintes bronceados o púrpuras; se presenta poca floración y cuajado de frutos. Cuando la deficiencia es muy severa se presenta un retardo en la floración, se produce caída de hojas, flores y frutos, y la maduración es tardía.

De la misma forma, la deficiencia de este elemento afecta el desarrollo, debido a que la producción de proteínas es muy baja y la síntesis de almidón, celulosa y sacarosa se reducen. Un efecto notorio de este fenómeno es la reducción en la disminución de la resistencia a las enfermedades y de la calidad de los frutos. Se presenta, como ocurre con el

nitrógeno, tras lavado excesivo del suelo, sobre todo en suelos sueltos o arenosos (Reche, 2010 y De Alcántara y Ribeiro, 2008).

Para la corrección de la deficiencia de este elemento existen algunas fuentes de potasio, como son el nitrato de potasio y el fosfato de potasio, aplicados ya sea por vía foliar, edáfica o fertirrigación (Jaramillo, 2012).

1.3. Origen del cultivo

De acuerdo a Infoagro (2010), muchos historiadores concuerdan en el origen del pimiento que es una planta americana, los pueblos precolombinos en especial aborígenes que habitaban en las estribaciones de la cordillera de los andes ya cultivaban el pimiento antes de la llegada de los españoles a América. El pimiento es una planta de clima cálido con una temperatura óptima de 18 a 21 °C con una baja humedad relativa, prefiere un suelo fértil, ligeramente ácido y no tolera la salinidad.

Fernández de Oviedo (1535) describe el pimiento de la siguiente forma: “El ají es la pimienta de los indios con granos o vainas tan grandes como un dedo de luengo y grueso”. Describe también otras formas de pimiento: “Ají que echa granos o vainas colorados y redondos y tan gruesos como guindas”; “Ají que lleva granos verdes pero menores que los susodichos”; “Ají que echa los granillos verdes o muy pequeños”; “Ají que echa los granillos pintados a un cabo de negro que tira a azul oscuro”; “Ají de generación que se puede comer cocido y no quema”.

Taxonomía

Según Centa (2002), presenta la siguiente clasificación taxonómica:

División: Embriophyta (Asiphonograma)

Subdivisión: Angiospermas

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Polemoniales

Familia: Solanáceas

Género: *Capsicum*

Especie: *annuum*

Nombre Científico: *Capsicum annum* L.

Variedad California Wonder

Ají pimentón variedad California Wonder. Esta variedad crece hasta 50 - 60 cm; el tallo es relativamente grueso; las hojas son anchas, de color verde claro; los frutos son erectos, anchos y grandes, con peso promedio de unos 100 g y tamaño de 10 a 11 cm; de largo a 9 cm de ancho, son lisos, prismáticos y divididos en cuatro lóbulos; la pulpa es ancha, jugosa, dulce y blanda, pero sin el aroma específico del pimiento. El color en madurez de consumo es verde oscuro y rojo intenso en madurez botánica. Su uso fundamental es para consumo fresco, es la variedad básica en el país para la exportación. Los rendimientos que debemos esperar en esta variedad son de (15 a 50 t.ha⁻¹) presenta buena aceptación en el mercado por su color, forma y resistencia (Depreste, 2009).

Morfología de la planta

Infoagro (2002), describe que el pimentón es una planta herbácea perenne, con ciclo de cultivo anual de porte variable entre los 0,5 metros y más de 2 m, con sistema radicular pivotante y profundo, con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 cm y 1 m, con un tallo principal de crecimiento limitado y erecto, a partir de cierta altura emite 2 o 3 ramificaciones y continúa ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo, de hoja entera, lampiña y lanceolada, con un ápice muy pronunciado y un pecíolo largo y poco aparente. El haz es glabro (liso y suave al tacto) y de color verde más o menos intenso y brillante. El nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del pecíolo, del mismo modo que las nervaduras 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, las flores aparecen solitarias en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas. Son pequeñas y constan de una corola blanca. La polinización es autógena, aunque puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10% con frutos de 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 g. Las semillas se encuentran insertas en una placenta cónica de disposición central. Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 cm.

Fenología

El periodo entre dos distintas etapas es llamado etapa fenológica. La designación de eventos fenológicos significativos varía con el tipo de planta en observación. Se debe considerar que un cultivo puede no desarrollar todas sus etapas fenológicas (aparición de nueva hoja, floración, inicio de desarrollo del fruto, fin de desarrollo del fruto y madurez del fruto), si crece en condiciones climatológicas diferentes a su región de origen (Infoagro, 2012).

El máximo porcentaje de germinación se observa con temperaturas de entre 20 y 30°C. Por debajo de 13°C o por encima de 37°C, la misma puede no producirse. Durante el periodo de crecimiento de la plántula, es conveniente que la temperatura no sea inferior a 18°C ya que los primeros frutos se diferencian durante esta etapa, pudiendo verse afectado el potencial productivo (UNLU, sf).

Infoagro (2012), menciona que el crecimiento del tallo de planta es 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.

Para que el crecimiento de la planta sea adecuado, también es importante que la humedad relativa se encuentre entre 50 y 70%, valores mayores pueden provocar problemas sanitarios y valores menores hacen que la planta transpire en forma excesiva y puede ocurrir la caída de flores y frutos. Este cultivo, es decir el cultivo requiere suelos con abundante porcentaje de materia orgánica, buen drenaje y aireación. Pero con elevados porcentajes de arcilla puede producirse asfixia radicular y verse favorecido el desarrollo de enfermedades fúngicas. Puede resistir ciertas condiciones de acidez, hasta un pH = 5,5 (Fernández *et al.* 1997).

Según Centa (2002), describe las siguientes etapas:

- **Crecimiento de la plántula**

Luego del desarrollo de las hojas cotiledonales, inicia el crecimiento de las hojas verdaderas, que son alternas y más pequeñas que las hojas de una planta adulta. De aquí en adelante, se detecta un crecimiento lento de la parte aérea, mientras la planta sigue desarrollando el sistema radicular, es decir, alargando y profundizando

la raíz pivotante y empezando a producir algunas raíces secundarias laterales. La tolerancia de la planta a los daños empieza a aumentarse, pero todavía se considera que es muy susceptible.

- **Crecimiento vegetativo**

A partir de la producción de la sexta a la octava hoja, la tasa de crecimiento del sistema radicular se reduce gradualmente; en cambio la del follaje y de los tallos se incrementa, las hojas alcanzan el máximo tamaño, el tallo principal se bifurca y a medida que la planta crece, ambos tallos se ramifican.

Generalmente la fenología de la planta se resume en: germinación y emergencia, crecimiento de la plántula, crecimiento vegetativo rápido, floración y fructificación.

Si se va a sembrar por trasplante, éste debe realizarse cuando la plántula está iniciando la etapa de crecimiento rápido. La tasa máxima de crecimiento se alcanza durante tal período y luego disminuye gradualmente a medida que la planta entra en etapa de floración y fructificación, y los frutos en desarrollo empiezan a acumular los productos de la fotosíntesis.

- **Floración y fructificación**

Al iniciar la etapa de floración, el ají dulce produce abundantes flores terminales en la mayoría de las ramas, aunque debido al tipo de ramificación de la planta, parece que fueran producidas en pares en las axilas de las hojas superiores. El período de floración se prolonga hasta que la carga de frutos cuajados corresponda a la capacidad de madurarlos que tenga la planta. Bajo condiciones óptimas, la mayoría de las primeras flores produce fruto, luego ocurre un período durante el cual la mayoría de las flores aborta. A medida que los frutos crecen, se inhibe el crecimiento vegetativo y la producción de nuevas flores (Centa, 2002).

Cuando los primeros frutos empiezan a madurar, se inicia una nueva fase de crecimiento vegetativo y de producción de flores. De esta manera, el cultivo de ají dulce tiene ciclos de producción de frutos que se traslapan con los siguientes ciclos de floración y crecimiento vegetativo. Este patrón de fructificación da origen a frutos con distintos grados de madurez en las plantas, lo que usualmente permite

cosechas semanales o bisemanales durante un período que oscila entre 6 y 15 semanas, dependiendo del manejo que se dé al cultivo. El mayor número de frutos y los frutos de mayor tamaño se producen durante el primer ciclo de fructificación, aproximadamente entre los 90 y 100 días. Los ciclos posteriores tienden a producir progresivamente menos frutos o frutos de menor tamaño, como resultado del deterioro y agotamiento de la planta (Centa, 2002).

1.4. Requerimientos edafoclimáticos

Maroto (1986), indica que los saltos térmicos (diferencia de temperatura entre la máxima diurna y la mínima nocturna) ocasionan desequilibrios vegetativos en el cultivo de ají pimentón. Temperaturas que oscilan entre 15 y 10 °C, da lugar a la formación de flores con algunas anomalías, así mismo inducen la formación de frutos de menor tamaño, que pueden presentar deformaciones, reducen la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos partenocárpicos. Las altas temperaturas provocan la caída de flores y frutitos. Las temperaturas críticas para pimiento en las distintas fases de desarrollo son las siguientes:

Tabla 1

Fases del cultivo vs. Temperatura

Fases del cultivo	Temperatura (° C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	20 – 25	13	40
Crecimiento	20 – 25 (día)	15	32
Vegetativo	16 – 18 (noche)		
Floración	26 – 28 (día)	18	35
Fructificación	18 – 20 (noche)		

SENAMHI (2019).

La temperatura ideal para pimentón oscila entre 18 y 28 °C. Por esta razón la mayoría de los cultivos al aire libre se producen en climas templados, entre los paralelos 30° y 40° en ambos hemisferios, norte y sur (Berríos *et al.* 2007).

En estado de plántula, el pimentón es un cultivo relativamente tolerante a la sombra. En el semillero, la aplicación de hasta un 55% de sombra aumenta el tamaño de las plantas,

lo que favorece la producción en el campo de más frutos y de tamaño más grande. La sombra tenue en el campo puede ser benéfica para el cultivo, por reducir el estrés de agua y disminuir el efecto de la quema de frutos por el sol; sin embargo, el exceso de sombra reduce la tasa de crecimiento del cultivo y también puede provocar el aborto de flores y frutos (CATIE, 1990).

Los suelos ideales para el cultivo de pimentón, deben presentar un excelente drenaje ya que esta planta no tolera condiciones mínimas de encharcamiento y excesos de humedad interna y externa. Se deben descartar los suelos con niveles freáticos oscilantes y superficiales. Las texturas francas y estructuras sueltas, promueven un vigoroso crecimiento de raíces, mejorando la capacidad de anclaje, absorción de agua y nutrientes. La planta se desarrolla muy bien en suelos fértiles con pH de 5,8 a 7,0, aunque tolera un poco la acidez (Vallejo y Estrada, 2004).

El pimentón es menos resistente a la salinidad del suelo y agua de riego que el tomate; con salinidad en el suelo y en el agua de riego la planta se desarrolla poco y el fruto que se obtiene es de menor tamaño (Serrano, 1996). El mismo autor dice que para este cultivo van bien los suelos arenoso-limosos; no son convenientes los suelos arcillosos.

Las temperaturas sobre 32°C en combinación con baja humedad relativa producirán aborto floral, mientras que la viabilidad del polen será fuertemente reducida debido a la falta de humedad. Las temperaturas ocurridas 15 días antes de la antesis son positivamente correlacionadas con el porcentaje de polen fértil. La polinización aumentará cuando la temperatura diaria baje de 20°C, siendo ésta la temperatura óptima para el cuaje. Las razones fisiológicas que pueden explicar el bajo cuajamiento de los frutos en condiciones de altas temperaturas pueden ser encontradas en un exceso de transpiración por parte de la planta o en una insuficiente translocación de azúcar (Berríos *et al.* 2007).

La mayoría de estas especies exigen un suelo constantemente húmedo durante todo su desarrollo, la falta de agua se caracteriza por follaje verde oscuro y por la caída de las hojas, estas irregularidades en los riegos favorecen la necrosis apical de los frutos. La frecuencia de riego varía en función de las condiciones climáticas del lugar y el tipo de suelo (Cano, 1994).

1.5. Fertilización

Según (Ramírez, 2000) se determina de acuerdo a un análisis de suelo. Recomendando realizar fertilizaciones básicas, y adicionalmente aplicar en forma seccionada a lo largo del ciclo de acuerdo a las necesidades. En promedio sus requerimientos son de 200 Kg de nitrógeno, 50 Kg de fósforo, 270 Kg de potasio, 160 Kg de calcio, 40 Kg de magnesio y otros micronutrientes.

Jaramillo (1988), plantea que la mayor tasa de extracción de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio, se produce entre los 28 y 42 días después del trasplante. La mayor acumulación total se logra entre los 56-70 días después del trasplante. En cuanto a la nutrición, el pimiento es una planta muy exigente en nitrógeno durante las primeras fases del cultivo. Indica así mismo que la demanda de este elemento decrece tras la recolección de los primeros frutos verdes, debiendo controlarse muy bien su dosificación a partir de este momento, pues un exceso retrasaría la maduración de los frutos. En cuanto Fósforo refiere que la máxima demanda de fósforo coincide con la aparición de las primeras flores y con el período de maduración de las semillas. Por otra parte, menciona que la absorción de potasio es determinante sobre la precocidad, coloración y calidad de los frutos, aumentando progresivamente hasta la floración y equilibrándose posteriormente. Finalmente, añade que el pimiento también es muy exigente en cuanto a la nutrición de magnesio, aumentando su absorción durante la maduración.

Nuez (1996), menciona que, 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.

Ramírez (2000), dice que en la actualidad 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 previo análisis de agua. Actualmente el abonado de fondo se ha reducido e incluso suprimido, controlando desde el inicio del cultivo la nutrición mineral aportada, pudiendo llevar el cultivo como si de hidropónico se tratara.

International Potash Institute (1990), indica que la aplicación de agua de riego con fertilizantes, es una práctica que incrementa notablemente la eficiencia de la aplicación de nutrientes, obteniéndose mayores rendimientos y mejor calidad con una mínima contaminación del ambiente.

Bur *et al.* (1998), afirman que el fertirriego permite aplicar los nutrientes en forma exacta y uniforme al volumen radicular humedecido.

Internacional Potash Institute (1999), recomienda la aplicación directa de fertilizantes solubles a través del sistema de riego como: Nitrato de Amonio, cloruro de potasio, nitrato de potasio, úrea, monofosfato de amonio, monofosfato de potasio, etc. En sistemas intensivos, como invernaderos y sustratos artificiales, la solución nutritiva debe incluir calcio, magnesio y micro nutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo), el hierro debe ser suministrado como quelato por que las sales del hierro son muy inestables en solución y se precipita fácilmente. En caso de aguas duras se debe tener en cuenta el contenido de Ca y Mg (BURT *et al.* 1998).

- **Fertilizantes simples**

Lupin *et al.* (1998), indican que soluciones NK, PK y NPK, cristalinas con contenido entre 9 a 10 % de nutrientes (N, P₂O₅, K₂O), a partir de urea, ácido fosfórico y KCL, pueden ser preparadas fácilmente por el agricultor en el campo. Los fertilizantes de uso más extendido son los abonos simples en forma de sólidos solubles (nitrato cálcico, nitrato potásico, nitrato amónico, fosfato monopotásico, fosfato monoamónico, sulfato potásico y sulfato magnésico) y en forma líquida (ácido fosfórico y ácido nítrico), debido a su bajo costo y a que permiten un fácil ajuste de la solución nutritiva. Por otra parte, menciona que existen en el mercado abonos complejos sólidos cristalinos y líquidos que se ajustan adecuadamente, solos o en combinación con los abonos simples, a los equilibrios requeridos en las distintas fases del cultivo.

- **Compatibilidad entre fertilizantes**

La inyección de ácido fosfórico en el sistema de riego, remueve bacterias y algas; luego de inyectado el sistema de riego deberá ser cuidadosamente lavado (SNEH, 1995).

- **Fertilizantes sólidos compuestos y fertilizantes líquidos compuestos**

Hagin, Lowengart – AICICEG (1999), recomienda que el nitrógeno debe estar en forma de nitrato de amonio, en una relación adecuada, y el potasio sobre la base de KCL, KNO₃, K₂SO₄. El mismo autor, afirma que no existe evidencia científica para preferir fertilizantes líquidos o sólidos en fertirriego, los factores a tener en cuenta son el costo, la comodidad la disponibilidad de transporte, almacenamiento y fertilizantes en el mercado.

- **Fertilización foliar**

Tuckey (1969), menciona que como ocurre con la piel de los animales, la cutícula de los vegetales goza de propiedades absorbentes, en tal sentido, es posible suministrar elementos minerales a la planta por pulverizaciones de materias fertilizantes sobre las hojas. El mismo autor refiere que estudios realizados usando isótopos radioactivos, probaron que los nutrientes se desplazan a través de la planta luego de ser aplicados a las hojas. En general, la fertilización foliar es útil y su práctica va en aumento cada día, en virtud del hecho de que un número de factores favorables se han reunido al mismo tiempo para hacerlo posible.

Thompson (1962), indica que se ha visto que los elementos son absorbidos por la planta y que se mueven a través de ella con bastante libertad. Por otro lado, refiere que las cantidades pueden parecer pequeñas, pero esto se compensa con la alta eficiencia. Sin lugar a dudas es el método más eficaz de aplicar fertilizantes a las plantas de los que hasta el momento se han descubierto, el mismo autor menciona que el uso de la nutrición foliar es recomendable cuando existen problemas que no se pueden resolver con la adición de nutrientes al suelo; por razones de economía y cuando se necesita una respuesta muy rápida.

Traves (1962), reporta que la cutícula es el primer obstáculo en la absorción foliar y su discontinuidad producida por insectos, enfermedades, aspersiones y meteorización, pueden ser factores importantes en la absorción foliar.

1.6. Sistema Drench

Yuste (2002), menciona que consiste en la incorporación de fertilizantes solubles al agua de riego, que son después distribuidos mediante el sistema de riego localizado. Se

pueden emplear fertilizantes líquidos o sólidos altamente solubles siempre que sean inactivos respecto a las sales del agua. Refiere a su vez este sistema permite el fraccionamiento del abonado de los cultivos hortícola, controlando el momento de aplicación y, por lo tanto, disminuye el peligro de acumulación de sales y residuos salinos. Así mismo, añade que con este sistema se favorece la absorción de los elementos nutritivos por las raíces, se consigue una aplicación más uniforme del abonado y un ahorro en la cantidad de fertilizantes empleados, ya que sólo se incorporan a una parte muy determinada del suelo donde desarrollan las raíces y no en todo.

1.7. Los microelementos en los cultivos

Bayer (2005), menciona siete de los 16 nutrientes esenciales de las plantas son llamados micros nutrientes como: boro (B), cobre (Cu), cloro (Cl.), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), zinc (Zn). Ellos son tan importantes para la nutrición de las plantas como los nutrientes principales y los secundarios, aunque las plantas no requieren grandes cantidades de ellos. Las faltas de cualquiera de ellos en el suelo pueden limitar el crecimiento aun cuando todos los otros nutrientes esenciales se encuentren presentes en cantidades adecuadas.

Corporación Misti (2004), define la necesidad de los micro nutrientes ha sido conocida por muchos años, pero su uso en su forma amplia en los fertilizantes es una práctica relativamente reciente, pero actualmente se han vuelto tan importantes ya que sin ellos es imposible realizar una agricultura a grandes escalas y sostenible para satisfacer las demandas alimenticias del incremento demográfico mundial.

1.8. Ficha técnica de Fosfonato de calcio (Saeta)

Bionova Group-Perú (2012), a través de su producto comercial Saeta menciona que es un fosfonato foliar a base de fósforo y calcio que contiene doble acción como fertilizante (aporta fósforo y calcio asimilable) y como fungistático (previene ataque de enfermedades causado por *Phytophthora*, *Pythium*, *Peronospora*, *Alternaria*, etc.).

Además, de ser una fuente de los nutrientes antes mencionados, proporciona un efecto fitotónico sobre las plantas tratadas por la presencia de fósforo en forma de ion fosfito. Saeta estimula la producción de fitoalexinas, que fortalecen y estimulan los mecanismos de defensa de la planta, especialmente en el tronco, cuello y raíz.

Con el fin de contrarrestar el exceso de nitrógeno, Saeta produce un efecto importante al intensificar el desarrollo radicular y bioestimular la entrada en producción. Importante es también su aplicación para dar consistencia a los cultivos en su fase de maduración.

A pesar de que calcio y fósforo son elementos nutricionales normalmente incompatibles entre sí, cuando se fórmula como Saeta, en forma de fosfonato de calcio, proporciona fósforo y calcio solubles y compatibles. Adicionalmente, protegen sus cultivos al incrementar la concentración de fitoalexinas.

Contenido:

Ingredientes activos. Anhídrido fosfórico (P_2O_5) 40 %, óxido de calcio 41% e Ingredientes inertes 19 %.

Beneficios:

Tiene doble acción: fertilizante y fungistático es altamente soluble, por lo que se desplaza rápidamente por la planta, lo que explica su efecto inmediato. Tiene doble sistema: acropetala y basipetala. Es soluble en agua, por lo que se desplaza dentro de la planta, movilizándose también elementos insolubles como el fósforo y calcio, que tradicionalmente son de lenta movilidad y de lenta absorción. Permite el uso simultáneo, en mezcla de tanque de elementos esenciales como fósforo y calcio, que normalmente son incompatibles entre sí.

1.9. Trabajos realizados en ají pimentón

Caro (1998), reporta que evaluando tres niveles de fertilización NPK en pimiento dulce tipo California en la Universidad Agraria La Molina (Perú) encontró diferencias significativas para el efecto de la fertilización NPK en la altura de planta, obteniéndose el máximo promedio (66,00 cm) con el nivel NPK1 (80 – 40 – 60), luego con el nivel NPK2 (160 – 80 – 120) (63,33cm), con el nivel NPK3 (240 – 120 – 180) (60,17cm) y obtuvo 61,42 cm con respecto al testigo no fertilizado, por otra parte reporta que se incrementa el rendimiento según se eleve progresivamente el nivel de fertilización NPK aplicado, los valores máximos se presentan a nivel de NPK3 (240 – 120 – 180), con 62,3 TM/ha siendo el incremento de 158,4 % respecto al tratamiento testigo no fertilizado, del que se obtuvo en promedio 24,1 TM/ha.

Huanco (2003), reporta que evaluando el efecto de fertirrigación nitrogenada, fosforada, potásica con y sin micro nutrientes en el cultivo pimiento (*Capsicum annum L.*), en la Universidad Nacional Agraria La Molina (Perú), encontró diferencias significativas para el efecto de los niveles de fertilización nitrogenada, fosforada, potásica en relación a la altura de la planta, obteniéndose el máximo promedio en los tratamientos T4 (240 - 180 - 320) (62,3) y T3 (180 - 120 - 240) (60,9cm), presentaron los mayores valores lo que representa un incremento, para la primera variable en 15,8 y 13,2 % y para la segunda variable 95,7 y 98,3 respecto al tratamiento testigo no fertilizado TO (0 - 0 - 0) (53,8 cm), por otra parte reporta que el efecto de los niveles crecientes de fertilización nitrogenada, fosforada y potásica sigue una tendencia a medida que se incrementa los niveles de fertilización, además el autor resalta la deficiencia del nitrógeno disponible en el suelo debido a un nivel bajo de materia orgánica; finalmente establece que el máximo valor en el rendimiento total caracteriza al tratamiento T4 (240 - 180 - 320) con 21,3 TM/ha, que representa un incremento respecto al tratamiento testigo en 9,68 TM/ha, representando un incremento de 83,2%.

Revista Científica UDO Agrícola (2002), reporta que trabajos realizados por el departamento de agronomía de la universidad Oriente (Brasil), para evaluar el efecto de las combinaciones de fertilizantes químicos sobre el comportamiento agronómico y rendimiento del pimiento dulce tipo California, utilizando los niveles (100 - 80 - 90), (120 - 90 - 100), (150 - 120 - 100) más el testigo sin ningún tipo de fertilización, el experimento se realizó en un terreno franco arenoso, pH 5,7 y MO 1,35% en la localidad de aguas claras, estado de Monagas (9° 52' LN y 63° 12' LW), de clima tropical lluvioso, con una precipitación media anual de 1120 mm. y una temperatura promedio de 26 °C durante el año obteniendo los siguientes reportes, el nivel (150 - 120 - 100), obtuvo la mayor altura de planta (63,5 cm), en relación al testigo con (52,9), los niveles (120 - 90 - 100) y (100 - 80) obtuvieron alturas de (61,3) y (59,6 cm) respectivamente, en relación al rendimiento reporta que el nivel (150 - 120 - 100) obtuvo un rendimiento de 39,90 TM/ha, 29,99 TM/ha para el nivel (120 - 90 - 100) y 19,87 TM/ha para el nivel (100 - 80 - 90), en relación al testigo que obtuvo 14,34 TM/ha sin ningún tipo de fertilización, por último en cuanto al tamaño de fruto (largo y diámetro), el nivel (150 - 120 - 100) obtuvo los mayores valores (10,71 y 8,85 cm), seguido de los niveles (120 - 90 - 100) y (100 - 80 - 90) que obtuvieron unos valores de (9,66 - 8,64) y (9,55 - 8,34 cm) respectivamente sobre el tratamiento testigo que obtuvo (9,18cm) y (7,90).

Experimento realizado en la estación experimental hortícola Lilibana Dimitrova (1986), situada en el municipio de Quivicán, provincia de la Habana, bajo una temperatura máxima promedio de 32,75 °C y una mínima promedio de 22,86 °C y una humedad relativa promedio de 86,4 y una precipitación de 786,89 mm donde evaluaron el efecto de fertilización NPK en pimiento dulce tipo italiano, donde el experimento consistió en la utilización de fertilizantes químicos combinados entre sí, para evaluar el efecto que produce estas combinaciones en cuanto a las características agronómicas y rendimiento de este cultivo, los niveles utilizados fueron N1 (20 – 15 – 10), N2 (25 – 20 – 15) y N3 (40 – 30 – 20) y un testigo absoluto sin ningún tipo de fertilización respectivamente, reportándose para altura de planta que el nivel N3 obtuvo el mayor valor con (60 cm), seguida de los niveles N2 y N1 que alcanzaron alturas de (56 y 50 cm), en relación al testigo que alcanzó una altura de 48 cm, con respecto al inicio de floración sobre sale el nivel N3 con (55 días), seguido del nivel N2 y N1 con valores de 58 y 60 días, en cambio el testigo obtuvo un valor de 61 días. Por otra parte, con respecto a la característica del fruto sobre sale el N3 con una longitud de 18 cm y anchura de 6,5 cm, seguido de los niveles N2 y N1 con valores de (17,2 – 6 cm) y (16,3 – 5 cm), sobre el testigo que obtuvo (15,45 cm) respectivamente. Finalmente, con respecto al rendimiento obtuvo el mayor valor el nivel N3 con un total de 18,9 TM/ha seguida de los niveles N2 y N1 con producciones de 16,5 y 15,9 TM/ha y que estos valores son superiores al tratamiento testigo que obtuvo un rendimiento de 9 TM/ha. Sin duda a medida que va en incremento los niveles de los fertilizantes hay una respuesta favorable de parte de cultivo hacia estos como se puede apreciar en las distintas características agronómicas y sobre el rendimiento del cultivo de pimiento dulce.

SEMILLAS FITO (2004), reporta que el pimiento tipo italiano, variedad dulce italiano se caracteriza por producir frutos alargados, puntiagudos de 5 cm. de ancho y una longitud de 18 cm. De carne delgada, sabor dulce, piel fina y color verde brillante que se vuelve rojo en su total madurez. Esto para condiciones de clima mediterráneo y continental.

INIA (1995), reporta que los rendimientos en promedio para pimentón del tipo California en promedio se encuentran entre 12 a 15 toneladas por hectárea, pero con buena calidad de semilla y un buen manejo del cultivo se obtiene entre 22 a 25 toneladas por hectárea.

Ramírez (2007), utilizó un diseño de bloque completo Randomizado (DBCA), con arreglo factorial de 5 X 2 Con 3 repeticiones y 10 tratamientos, empleando 30 unidades experimentales; se estudiaron 4 dosis de fertilización, más el tratamiento testigo sin fertilización haciendo un total de 5 tratamientos, en dos variedades de ají pimentón (ANASAC, Dulce italiano) : T1y T2 (150 – 100 – 90), T3 y T4 (130 – 90 – 90), T5 y T6 (200 – 100 – 100), T7 y T8 (250 – 90 – 80), T9 y T10 (0 – 0 – 0), más micro nutrientes (Br, Zn, Fe, Cu, Mo, Co), el distanciamiento de siembra fue de 0.80 m entre hileras y 0.80 m entre planta respectivamente. Los resultados muestran que los tratamientos T5 y T6 (200 – 100 – 100), fueron los más sobresalientes con unos rendimientos de 17 700 y 20 590 Kg/ha para cada variedad, Con utilidades netas de 18 555.74 y 20 890.74 nuevos soles.

Villalobos (2015), obtuvo con la aplicación de 1000 kg.ha⁻¹ de Ferti EM (T4) las mejores rendimientos y rentabilidad con 21 338,72 kg.ha⁻¹ de rendimiento, 185,7 g de peso del fruto; 8,9 cm de largo con 7,79 cm diámetro del fruto y 5, 16 frutos cosechados por planta en el cultivo de ají pimentón (*Capsicum annuum* L.) variedad California Wonder en las condiciones del distrito de Lamas.

El mismo autor reporta, que con la aplicación del tratamiento T4 (1000 kg.ha⁻¹ de Ferti EM obtuvo el mayor valor de B/C con 3, 13 y el mayor beneficio neto de S/. 34 810,50 nuevos soles, seguido de los tratamientos T3 (800 kg.ha⁻¹ de Ferti EM), T2 (600 Kg.ha⁻¹ de Ferti EM) y T1 (400 Kg.ha⁻¹ de Ferti EM) y TO (Testigo).

SENAMHI (2015), reporta los datos meteorológicos acontecidos durante el desarrollo de la investigación que efectuó Villalobos (2015) desde mayo a noviembre de 2014: temperatura mínima promedio de 20.3, temperatura media de 23.7°C., y una temperatura máxima promedio de 28.6 °C.

Villalobos (2015), obtuvo promedios estadísticamente iguales entre si, con los tratamientos T4 (1000 kg.ha⁻¹ de Ferti EM), T3 (800 kg.ha⁻¹ de Ferti EM), T1 (400 kg.ha⁻¹ de Ferti EM), T2 (600 kg.ha⁻¹ Ferti EM) y TO (testigo) obtuvieron promedios estadísticamente iguales entre sí con 7,79 cm; 7,76 cm; 7,7 cm; 7,7 cm y 7,68 cm de diámetro del fruto, respectivamente.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Materiales

2.1.1 Ubicación del campo experimental

La tesis se desarrolló en el Fundo “El Pacifico” de propiedad del Sr. Jorge Luis Peláez Rivera, en el distrito y provincia de Lamas, cuya ubicación geográfica y política es:

Ubicación geográfica:

Latitud Sur: 06° 20' 15''
Longitud Oeste: 76° 30' 45''
Altitud: 765 m.s.n.m.m.
Zona de vida: bs-T. (Holdridge, 1975).

Ubicación política:

Provincia: Lamas
Distrito: Lamas
Región: San Martín

2.1.2 Historia de campo experimental

En el Fundo Hortícola “El Pacífico” se vienen cultivando hortalizas de gran potencial comercial como pepinillo, cebolla china, ají, tomate, brócoli, etc., durante 31 años.

2.2 Metodología

2.2.1. Tipo y nivel de investigación

Tipo

Aplicada, porque se orienta a la aplicación del conocimiento científico, a la solución de problemas prácticos inmediatos y además cuenta con antecedentes previos al estudio, que permitieron generar conocimientos para mejorar la producción.

Nivel

Descriptivo y experimental, porque se detalla y revela a través de aplicaciones de fosfonato de calcio, es decir en la estimulación del crecimiento vegetativo estructural del cultivo y por consiguiente en incrementar la producción.

2.2.2. Población y muestra

Población

En este trabajo la población, estuvo definida por la especie (*Capsicum annuum* L.), conformada por 15 plantas por tratamiento, distribuidas en los 5 tratamientos y 3 repeticiones teniendo 225 plantas.

Muestra

La muestra del respectivo trabajo estaba constituida por 10 plantas de ají pimentón por tratamiento en las evaluaciones que hacen un total de 150 muestras.

2.2.3. Técnica de procesamiento y análisis de datos

Diseño experimental de la investigación

Se aplicó el Diseño de Bloques Completos al Azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento haciendo un total de 15 unidades experimentales. Los datos generados en campo fueron procesados con el programa SPSS 22 para el Análisis de Varianza a Probabilidades de $P < 0,01$ y $P < 0,05$ y para la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan a $P < 0,05$.

Características del campo experimental

Bloques

Número de bloques	:	03
Tratamientos por bloque	:	05
Total de Tratamientos del experimento	:	15
Largo de los bloques	:	34.00 m.
Ancho de los bloques	:	5.00 m.
Área de cada bloque	:	170.00 m ²

Unidad experimental

Número de Unidades experimentales	:	15
Área total de Tratamientos	:	30.00 m ²

Distanciamiento entre hileras	:	1.00 m.
Distanciamiento entre plantas	:	0.60 m.

2.2.4. Tratamientos estudiados

Tabla 2

Tratamiento en estudio

Numero de tratamiento	Clave	Descripción
1	T1	0,25 l/ha de fosfonato de calcio
2	T2	0,50 l/ha de fosfonato de calcio
3	T3	0,75 l/ha de fosfonato de calcio
4	T4	1.00 l/ha de fosfonato de calcio
5	T5	Control (sin fosfonato de calcio)

Fuente: Elaboración propia, (2020).

2.2.5. Características climáticas

Según el sistema de clasificación de Holdridge (1984), la zona de vida está ubicada dentro del bosque seco tropical (bs-T).

Tabla 3

Condiciones climáticas del lugar del experimento

	Meses	Abril	Mayo	Junio	Promedio
2017	Temperatura Mínima (°C)	19.3	18.6	23.0	20.3
	Temperatura Media (°C)	23.0	23.2	24.9	23.7
	Temperatura Máxima (°C)	27.4	28.2	30.1	28.6
	Precipitación (mm)	89.1	68.2	55.3	70.9
	Humedad relativa (HR)	90	88	85	87.7

Fuente: SENAMHI (2017).

2.2.6. Características edáficas

A continuación, se presenta el análisis Físico-Químico del fundo “El Pacífico” el cual tiene una clase textural franco arcillo arenoso.

Tabla 4
Análisis físico químico del suelo

Determinaciones		Dato	Interpretación	Rango
pH		6,47	Ligeramente Ácido	6,1 – 6,5
M.O (%)		2,21	Medio	2 – 4 %
C.E. (μ S)		246,3	No hay problema de sales	----
Análisis Físico de la muestra	(%) Arena	54,0		
	(%) Limo	13,0		
	(%) Arcilla	33,0		
	Clase Textural		Franco Arcillo Arenoso	
Elementos mayores disponibles	N (%)	0,111	Normal	0,11 – 0,2
	P (ppm)	37,23	Alto	> 14 ppm
	K (ppm)	198,21	Medio	100 – 240
Análisis Químico de Cationes Cambiables	Ca ⁺⁺ (meq/100 g)	16,0	Alto	>10
	Mg ⁺⁺ (meq/100 g)	1,21	Bajo	1,5 – 2
	K ⁺ (meq/100 g)	0,507	Bajo	0 – 1,5
	Na ⁺ (meq/100 g)	0,5600	Bajo	0 – 0,25
	C.I.C. (meq/100 g)	18,28		

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas de la FCA – UNSM – T. (2017).

2.3. Conducción del experimento

- a. **Análisis de suelo.** El análisis de suelo se realizó antes de la instalación del experimento, tomando las muestras de suelo. El método de recolección se realizó tomando la muestra en zig zag, sacando el suelo hasta una profundidad de 20.00 cm y llevadas al Laboratorio de Suelos y Aguas de la FCA de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.
- b. **Almácigo.** Se realizó en bandejas almacigueras utilizando como sustrato turbas de algas marinas y semillas de ají pimentón, colocando una semilla por celda de la bandeja, permaneció en este durante 21 días, para luego ser llevado a campo definitivo. Para la siembra se utilizó semilla certificada de procedencia norte americana, adquirida en la importadora “Semillería Manrique” de la ciudad de Lima.
- c. **Limpieza del terreno.** Se hizo dos desmalezados, manualmente haciendo uso de algunas herramientas tales como machete y lampa para eliminar las malezas que se encontraron en el área designada para el trabajo de investigación.

- d. **Preparación del terreno y mullido.** Esta actividad se realizó removiendo el suelo con el uso de un motocultor. Seguidamente se empezó a nivelar las parcelas con la ayuda de un rastrillo.
- e. **Parcelado e incorporación de materia orgánica.** La aplicación de la materia orgánica (gallinaza) se realizó al voleo antes de la remoción de suelo, en una dosis de 10 t/ha. Después de la remoción del suelo, se procedió a parcelar el campo experimental dividiendo en tres bloques y con sus respectivos tratamientos, de acuerdo al croquis del campo experimental.
- f. **Siembra.** La siembra se realizó previo almacigado en bandejas almacigueras, con el uso de turbas provenientes de algas marinas para luego ser trasplantado en campo definitivo previa demarcación usando un plantin por golpe de ají pimentón, cuyo distanciamiento es de 1.00 m entre fila y 0.6 m entre planta.

2.4 Labores culturales

a. Control de malezas

Se realizó dos deshierbos de forma manual durante la campaña, utilizando herramientas como machete, pala, rastrillo; encontrando la presencia de la verdolaga.

b. Riego

Se efectuó mediante riego por aspersión y de acuerdo a la incidencia de las lluvias a registrar durante el tiempo en que se realizó el trabajo de investigación.

c. Aplicación de fosfonato calcio

Las aplicaciones de fosfonato de calcio se efectuó preparando las dosis indicadas para cada tratamiento en una solución con agua y aplicada con una mochila manual de fumigar: Primera aplicación a los 30 días después del trasplante. Segunda aplicación a los 21 días después de la primera aplicación.

d. Cosecha

Se realizó dos cosechas, la primera cosecha cuando los frutos alcanzaron su madurez de mercado a los 85 días y la segunda cosecha a la semana de la primera cosecha de manera manual.

2.5 Indicadores evaluados**• Altura de planta (cm)**

Esta evaluación se realizó al momento de la cosecha, desde el suelo hasta el ápice terminal de la planta con la ayuda de una wincha graduada, tomando al azar 10 plantas por tratamiento.

• Número de flores por planta

Se evaluó haciendo el conteo de las flores desde su aparición hasta el momento de la cosecha, teniendo en cuenta las 10 plantas seleccionadas al azar, de una manera cuidadosa para no maltratar a las mismas.

• Número de frutos cosechados por planta

Se realizó de cada una de las 10 plantas seleccionadas al azar juntando uno por uno y contando los frutos teniendo mucho cuidado.

• Diámetro del fruto (cm)

Se tomaron los frutos de las 10 plantas seleccionadas al azar para su respectiva evaluación las medidas para esto se utilizó un vernier.

▪ Peso de fruto por planta y por tratamiento (g)

Se pesaron los frutos de las 10 plantas seleccionadas al azar por cada tratamiento, utilizando una balanza de precisión.

▪ Rendimiento $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

Se pesaron 10 plantas tomadas al azar por cada tratamiento, se usó una balanza, el resultado fue convertido a $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

- **Análisis económico**

La relación beneficio/costo se efectuó de acuerdo a la siguiente fórmula:

Relación Beneficio/Costo = Beneficio neto/Costo de producción

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

3.1.1 Altura de planta

Tabla 5

ANVA para la Altura de planta (cm)

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	FC	P-valor Sig.
Bloques	5,336	2	2,668	0,819	0,475 N.S.
Tratamientos	1092,220	4	273,055	83,785	0,000 **
Error experimental	26,072	8	3,259		
Total	1123,628	14			

Promedio = 41,07

C.V. = 4,4%

$R^2 = 97,7\%$

N.S. No significativo

**Altamente significativo ($P < 0,01$)

Tabla 6

Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para promedio de tratamientos respecto a la altura de planta

Tratamientos	Descripción	Duncan ($\alpha = 0.05$)	
		Promedio (cm)	Interpretación
0	Control (testigo)	31,1	a
1	0,25 l/ha ⁻¹ de fosfonato de calcio	33,1	a
2	0,5 l/ha ⁻¹ de fosfonato de calcio	39,4	b
3	0,75 l/ha ⁻¹ de fosfonato de calcio	49,3	c
4	1,0 l/ha ⁻¹ de fosfonato de calcio	52,5	c

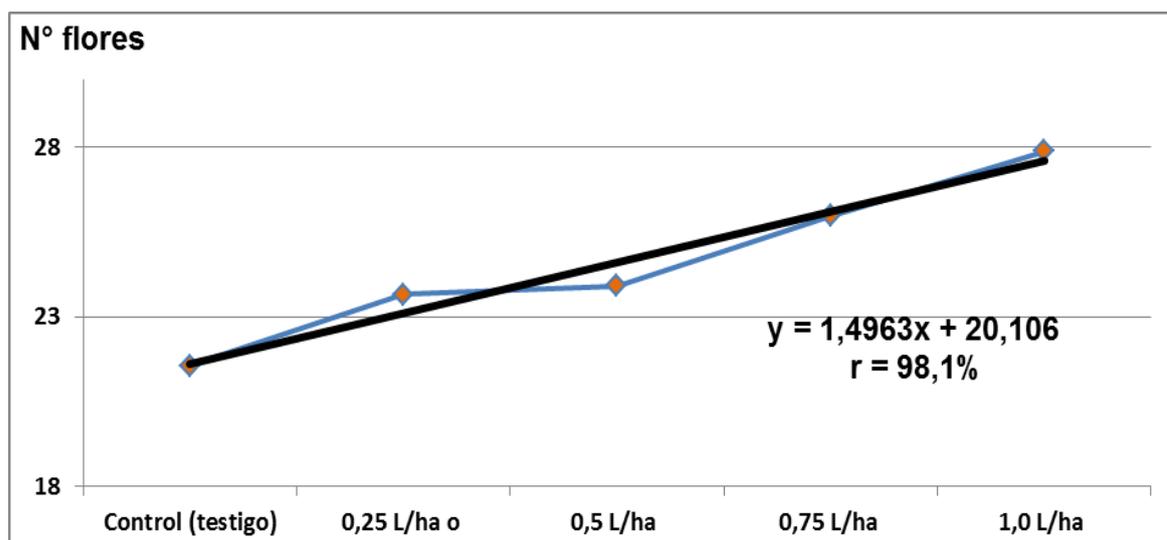


Gráfico 2: Dispersión y regresión de los tratamientos Vs. el número de flores por planta

3.1.3 Número de frutos cosechados por planta

Tabla 9

ANVA para el número de frutos cosechados por planta (transformado Vx)

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	FC	P-valor Sig.
Bloques	0,012	2	0,006	1,148	0,364 N.S.
Tratamientos	1,535	4	0,384	73,424	0,000 **
Error experimental	0,042	8	0,005		
Total	1,588	14			

Promedio = 2.84 C.V. = 2.48% $R^2 = 97.4\%$
 N.S. No significativo **Altamente significativo ($P < 0,01$)

Tabla 10

Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para promedio de tratamientos respecto al número de frutos cosechados por planta

Tratamientos	Descripción	Duncan ($\alpha = 0.05$)	
		Promedio	Interpretación
0	Control (testigo)	5,43	a
1	0,25 L/Ha de fosfonato de calcio	7,13	b
2	0,5 L/Ha de fosfonato de calcio	8,62	c
3	0,75 L/Ha de fosfonato de calcio	9,10	c
4	1,0 L/Ha de fosfonato de calcio	10,67	d

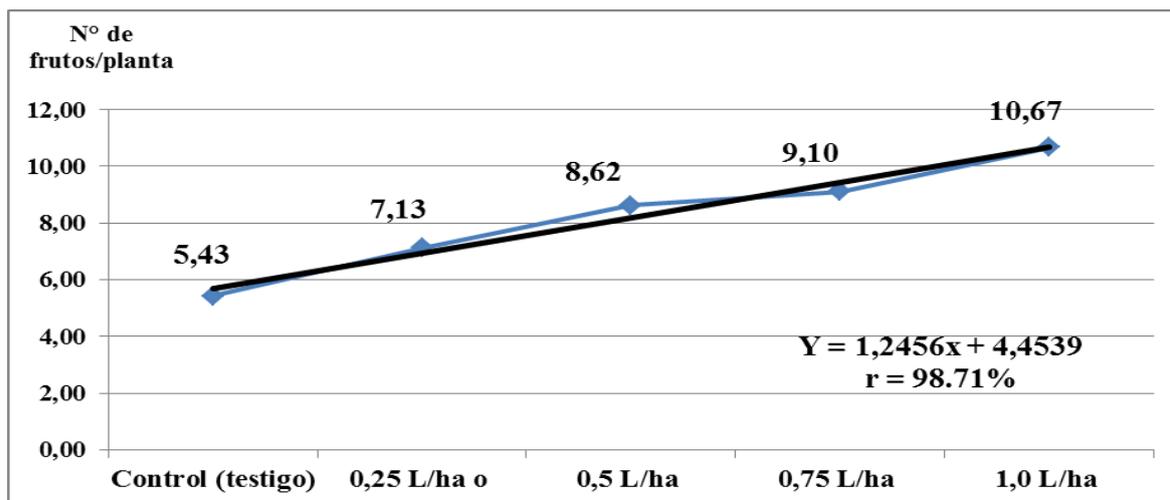


Gráfico 3: Dispersión y regresión de los tratamientos Vs. el número de frutos cosechados por planta

3.1.4 Diámetro del fruto

Tabla 11

ANVA para el Diámetro del fruto (cm)

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	FC	P-valor Sig.
Bloques	0,208	2	0,104	5,032	0,038 *
Tratamientos	6,983	4	1,746	84,468	0,000 **
Error experimental	0,165	8	0,021		
Total	7,356	14			

Promedio = 8,06

C.V. = 1,8%

$R^2 = 97,8\%$

*Significativo ($P < 0,05$)

**Altamente significativo ($P < 0,01$)

Tabla 12

Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para promedio de tratamientos respecto al diámetro del fruto

Tratamientos	Descripción	Duncan ($\alpha = 0.05$)	
		Promedio (cm)	Interpretación
0	Control (testigo)	7,1	a
1	0,25 l/ha ⁻¹ de fosfonato de calcio	7,7	b
2	0,5 l/ha ⁻¹ de fosfonato de calcio	8,1	c
3	0,75 l/ha ⁻¹ de fosfonato de calcio	8,3	c
4	1,0 l/ha ⁻¹ de fosfonato de calcio	9,1	d

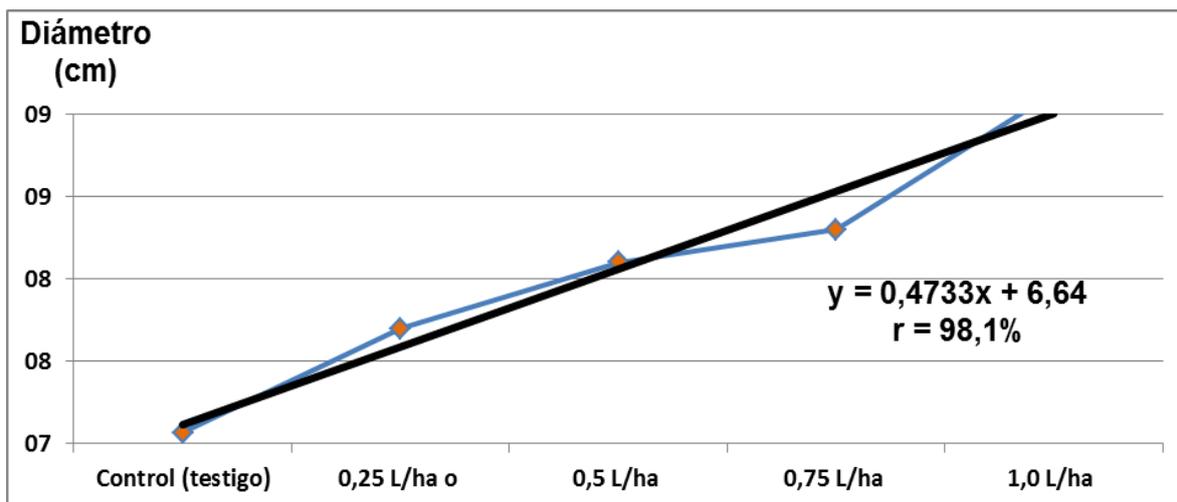


Gráfico 4: Dispersión y regresión de los tratamientos Vs. El diámetro del fruto

3.1.5 Peso del fruto por planta y por tratamiento

Tabla 13

ANVA para el Peso del fruto (g)

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	FC	P-valor Sig.
Bloques	30,105	2	15,053	0,479	0,636 N.S.
Tratamientos	38579,463	4	9644,866	307,086	0,000 **
Error experimental	251,261	8	31,408		
Total	38860,829	14			

Promedio = 159,77 C.V. = 3,5% $R^2 = 99,4\%$

N.S. No significativo **Altamente significativo ($P < 0,01$)

Tabla 14

Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para promedio de tratamientos respecto al peso del fruto

Tratamientos	Descripción	Duncan ($\alpha = 0,05$)	
		Promedio (g)	Interpretación
0	Control (testigo)	99,3	a
1	0,25 l/ha ⁻¹ de fosfonato de calcio	121,0	b
2	0,5 l/ha ⁻¹ de fosfonato de calcio	147,3	c
3	0,75 l/ha ⁻¹ de fosfonato de calcio	190,2	d
4	1,0 l/ha ⁻¹ de fosfonato de calcio	241,1	e

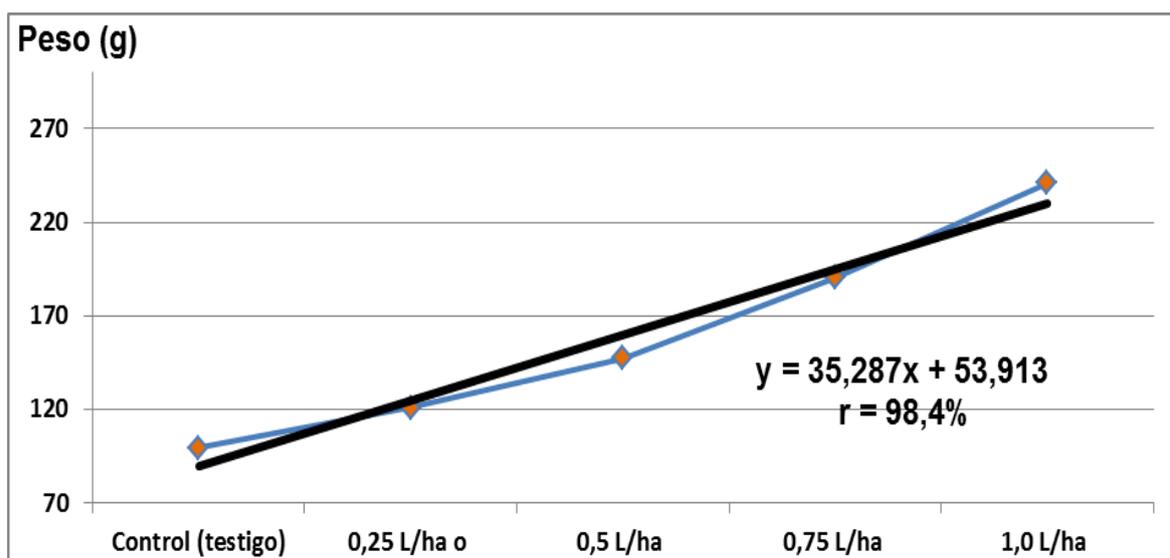


Gráfico 5: Dispersión y regresión de los tratamientos Vs. El peso del fruto

5.7. Rendimiento

Tabla 15

ANVA para el rendimiento en $kg \cdot ha^{-1}$

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	FC	P-valor Sig.
Bloques	756698,633	2	378349,317	2,491	0,144 N.S.
Tratamientos	306273265,061	4	76568316,265	504,145	0,000 **
Error experimental	1215020,180	8	151877,523		
Total	308244983,874	14			
Promedio = 9759.32		C.V. = 3.99%		R ² = 99,6%	
N.S. No significativo		**Altamente significativo (P<0,01)			

Tabla 16

Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para promedio de tratamientos respecto al rendimiento $kg \cdot ha^{-1}$

Tratamientos	Descripción	Duncan ($\alpha = 0.05$)	
		Promedio	Interpretación
0	Control (testigo)	3776,79	a
1	0,25 L/Ha de fosfonato de calcio	6305,80	b
2	0,5 L/Ha de fosfonato de calcio	9216,85	c
3	0,75 L/Ha de fosfonato de calcio	13283,30	d
4	1,0 L/Ha de fosfonato de calcio	16213,85	e

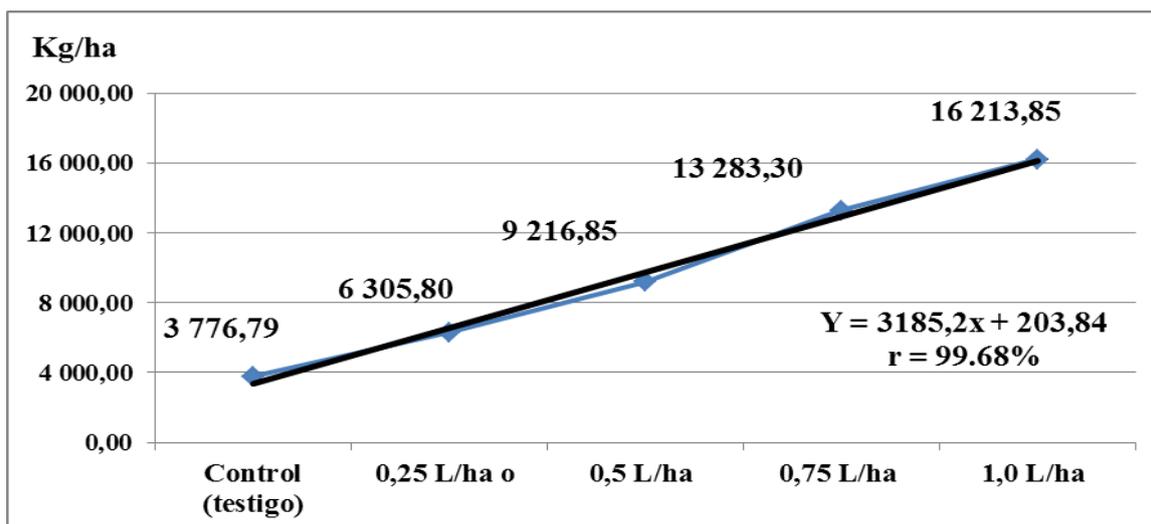


Gráfico 6: Dispersión y regresión de los tratamientos Vs. el rendimiento

5.8. Análisis económico

Tabla 17

Rendimiento, Costos de producción y beneficio neto por tratamiento

Trats	Rdto (Kg.ha ⁻¹)	Costo de producción (S/.)	Precio de venta x kg (S/.)	Beneficio bruto (S/.)	Beneficio neto (S/.)	B/C	Rentabilidad (%)
T0 (test)	3776.79	10332.26	0.80	3021.43	-7310.83	0.29	-70.76
T1 (0,25 Lt/ha)	6305.80	10740.87	0.80	5044.64	-5696.23	0.47	-53.03
T2 (0,5 Lt/ha)	9216.85	11063.59	0.80	7373.48	-3690.11	0.67	-33.35
T3 (0,75 Lt/ha)	13283.30	11507.63	0.80	10626.64	-880.99	0.92	-7.66
T4 (1,0 Lt/ha)	16213.85	11832.40	0.80	12971.08	1138.68	1.10	9.62

3.2. Discusión

3.2.1. Altura de planta

En la evaluación de esta variable, la información generada al ser procesada por medio del Análisis de Varianza (tabla 5), esta determinó la existencia de diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para Tratamientos. Como el Coeficiente de Determinación (R^2) es un parámetro estadístico que establece una relación entre la varianza explicada y la varianza total, este ha definido que las Dosis de Fosfonato

de calcio (Saeta) en el cultivo de ají pimentón (*Capsicum annuum L*) variedad California Wonder explican muy bien su acción sobre la altura de planta en 97,7%, así mismo, el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con 4,4% nos aseguró una alta confiabilidad al encontrarse dentro del rango establecido para este tipo de trabajo de investigación en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Rangos Múltiples ($P < 0,05$) para los promedios de los tratamientos (tabla 6) determinó que entre ellos existe diferencias significativas, donde los tratamientos T4 ($1,0 \text{ l.ha}^{-1}$ de fosfonato de calcio) y T3 ($0,75 \text{ l.ha}^{-1}$ de fosfonato de calcio) arrojaron los mayores promedios siendo estos estadísticamente iguales entre sí, con 52,5 cm y 49,3 cm de altura de planta, respectivamente, los cuales superaron estadísticamente a los tratamientos T2 ($0,5 \text{ l.ha}^{-1}$ de fosfonato de calcio), T1 ($0,25 \text{ l.ha}^{-1}$ de fosfonato de calcio) y T0 (Control) quienes arrojaron promedios de 39,4 cm, 33,1 cm y 31,1 cm de altura de planta, respectivamente.

También podemos observar que las respuestas al incremento de las dosis de Fosfonato de Ca describieron una respuesta lineal positiva (dispersión de los promedios) describiendo una línea recta positiva (gráfico 1) la cual es descrita por la ecuación $Y = 5,9x + 23,367$, donde por cada unidad de incremento de la dosis de Fosfonato de Ca aplicado el efecto sobre la Altura de planta (variable dependiente) sufriría un incremento de 5,9 (valor de la regresión), así mismo, el valor de la Relación de correlación (r) entre ambas variables (Independiente y dependiente) fue de 97,8%.

Se puede observar que el mayor nivel de fosfonato de calcio tuvo efecto, debido a que el fósforo intervino en la división celular y crecimiento de la planta, como lo corrobora Guadron (1990), coincidiendo con Caro (1998), quien evaluó tres niveles de fertilizante de NPK en pimiento tipo california obteniendo el máximo promedio de altura de 66.00 cm., siendo estos resultados similares a los obtenidos en la presente investigación. Así mismo, Vallejo y Estrada (2004), mencionan que la planta se desarrolla mucho mejor en suelos con pH de 5.8 a 7.0, y según el análisis de suelo realizado en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la UNSM-T (2017), nos indica la obtención de un pH de 6.47, indicando mayor disponibilidad de nutrientes traduciéndose que las raíces tuvieron mayor crecimiento y vigorosidad y por la cual

absorbieron en una mayor proporción de los elementos nutritivos del suelo y por consiguiente permitió que las plantas de ají pimentón variedad California Wonder obtuvieran mayor altura.

Se pudo observar que el clima tuvo influencia entre los niveles de altura de la planta, al respecto Berrios *et al*, (2007), informan que la temperatura ideal para el pimentón oscila entre 18 y 28°C., los resultados de SENAMHI (2017) lo confirman, cuyos promedios mensuales durante el crecimiento y desarrollo del ají pimentón tienen similitud con lo indicado por Berrios, fueron de 20.3 °C, de temperatura mínima media, de 23.7°C., de temperatura media, y una temperatura máxima promedio de 28.6 °C. Corroboró la Revista Científica UDO Agrícola (2002), quien hace referencia que con una temperatura promedio de 26°C, obtuvo una altura de planta de 63,5 cm., empleando dosis de NPK.

Sin embargo, la altura de planta fue diferente en la investigación realizada por Villalobos (2015), quién evaluó el crecimiento y desarrollo del cultivo de ají pimentón variedad California Wonder en el distrito de Lamas con diferentes dosis de Ferti EM, y con una temperatura mínima media de 17.85°C, la temperatura media de 23.75°C y la temperatura máxima media de 28.38°C, obteniendo una altura promedio no significativa y entre todos los tratamientos de 34.81cm.

3.2.2. Número de flores por planta

En la evaluación de esta variable, la información generada al ser procesada por medio del Análisis de Varianza (tabla 7), esta determinó la existencia de diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) para Tratamientos. Como el Coeficiente de Determinación (R^2) es un parámetro estadístico que establece una relación entre la varianza explicada y la varianza total, este ha definido que las Dosis de Fosfonato de Ca en el cultivo de ají pimentón (*Capsicum annuum L*) variedad California Wonder explican muy bien su acción sobre el número de flores por planta en 87,1%, así mismo, el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con 2,4% nos aseguró una alta confiabilidad al encontrarse dentro del rango establecido para este tipo de trabajo de investigación en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Rangos Múltiples ($P < 0,05$) para los promedios de los tratamientos (tabla 8) determinó que entre ellos existe diferencias significativas, donde el tratamientos T4 ($1,0 \text{ l.ha}^{-1}$ de fosfonato de calcio) arrojó el mayor promedio con 27,9 flores por planta, siendo estadísticamente igual al tratamiento T3 ($0,75 \text{ l.ha}^{-1}$ de fosfonato de calcio) con un promedio de 26,0 flores por planta y superando estadísticamente a los tratamientos T2 ($0,5 \text{ l.ha}^{-1}$ de fosfonato de calcio), T1 ($0,25 \text{ l.ha}^{-1}$ de fosfonato de calcio) y T0 (Control) quienes arrojaron promedios de 23,9 flores, 23,7 flores y 21,6 flores por planta, respectivamente.

También podemos observar que las respuestas al incremento de las dosis de Fosfonato de Ca describieron una respuesta lineal positiva (dispersión de los promedios) describiendo una línea recta positiva (gráfico 2) la cual es descrita por la ecuación $Y = 1,4963 x + 20,106$, donde por cada unidad de incremento de la dosis de Fosfonato de Ca aplicado el efecto sobre el número de flores por planta (variable dependiente) sufriría un incremento de 1,4963 (valor de la regresión), así mismo, el valor de la Relación de correlación (r) entre ambas variables (Independiente y dependiente) fue de 98,1,8%.

Los mayores resultados obtenidos estuvieron relacionados con las mayores dosis del fosfonato foliar a base de fósforo y calcio asimilable (Bionova Group – Peru (2012), de los nutrientes del suelo (Laboratorio de Suelos y Aguas de la FCA-UNSM-T, 2017) y de las condiciones climáticas imperantes durante el desarrollo y crecimiento de las plantas del ají pimentón variedad California Worder (SENAMHI, 2017), los mismos que interaccionaron en forma sinérgica para incrementar el proceso de desarrollo fisiológico y metabólico del cultivo, y por consiguiente incrementar el número de flores por planta.

El calcio fortaleció la rigidez y elasticidad de las paredes celulares en las raíces, incidiendo en la permeabilidad y regulando la absorción de los nutrientes (Rodríguez y Flores, 2004; Bowen y Kratky, 1981, Sánchez, 2017 y FAO, 2017). El fósforo elemento muy indispensable en la etapa de desarrollo y la formación de las flores, ayudó a prevenir la caída de las mismas (Guadron, 1990). Así mismo, las sales minerales del suelo y agua proporcionaron mayor estabilidad nutricional a la planta, especialmente el nitrógeno y fósforo cuyo efecto se viabilizó en

proporcionar una mayor producción de flores (SENAMHI, 2017; Laboratorio de Suelos y Aguas de la FCA-UNSM-T, 2017).

Sin embargo, Villalobos (2015), al investigar el número de flores por planta en ají pimentón variedad California Wonder con diferentes dosis de Ferti EM, obtuvo un promedio de 10.9 flores por planta, siendo este resultado diferente a lo obtenido en la presente investigación.

3.2.3. Número de frutos cosechados por planta

En la evaluación de esta variable, la información generada al ser procesada por medio del Análisis de Varianza (tabla 9), esta determinó la existencia de diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) para Tratamientos. Como el Coeficiente de Determinación (R^2) es un parámetro estadístico que establece una relación entre la varianza explicada y la varianza total, este ha definido que las Dosis de Fosfonato de Ca (Saeta) en el cultivo de ají pimentón (*Capsicum annuum L*) variedad California Wonder explican muy bien su acción sobre el número de frutos cosechados por planta en 97.4%, así mismo, el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con 2.48% nos aseguró una alta confiabilidad al encontrarse dentro del rango establecido para este tipo de trabajo de investigación en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Rangos Múltiples ($P < 0,05$) para los promedios de los tratamientos (tabla 10) determinó que entre ellos existe diferencias significativas, donde el tratamiento T4 (1,0 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio) arrojó el mayor promedio con 10,67 frutos cosechados por planta, superando estadísticamente a los tratamientos T3 (0,75 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio), T2 (0,5 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio), T1 (0,25 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio) y T0 (Control) quienes arrojaron promedios de 9,1 frutos; 8.62 frutos; 7,13 frutos y 5,43 frutos cosechados por planta, respectivamente.

También podemos observar que las respuestas al incremento de las dosis de Fosfonato de Ca describieron una respuesta lineal positiva (dispersión de los promedios) describiendo una línea recta positiva (gráfico 3) la cual es descrita por la ecuación $Y = 1.2456 x + 4.4539$ donde por cada unidad de incremento de la dosis de Fosfonato de Ca aplicado el efecto sobre el número de frutos cosechados

por planta (variable dependiente) sufriría un incremento de 1.2456 (valor de la regresión), así mismo, el valor del coeficiente de correlación (r) entre ambas variables (Independiente y dependiente) fue de 98.71%.

Al referirnos a la dosis más efectiva, coincide con la recomendación emitida en el producto que es de 1,00 l/ha de fosfonato de calcio, esto podría atribuirse que es el punto de equilibrio donde el producto alcanza su mayor efecto fisiológico en las plantas (Bionova Group-Perú, 2012), trayendo como consecuencia un mayor incremento del número de frutos por planta. Se observa claramente que, las mayores dosis de fosfonato de calcio, tienden a incrementar la floración y el número de frutos obtenidos por planta.

3.2.4. Diámetro del fruto

En la evaluación de esta variable, la información generada al ser procesada por medio del Análisis de Varianza (tabla 11), esta determinó la existencia de diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) para Tratamientos. Como el Coeficiente de Determinación (R^2) es un parámetro estadístico que establece una relación entre la varianza explicada y la varianza total, este ha definido que las Dosis de Fosfonato de Ca (Saeta) en el cultivo de ají pimentón (*Capsicum annuum* L) variedad California Wonder explican muy bien su acción sobre el Diámetro del fruto en 97,8%, así mismo, el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con 1,8% nos aseguró una alta confiabilidad al encontrarse dentro del rango establecido para este tipo de trabajo de investigación en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Rangos Múltiples ($P < 0,05$) para los promedios de los tratamientos (tabla 12) determinó que entre ellos existe diferencias significativas, donde el tratamiento T4 (1,0 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio) arrojó el mayor promedio con 9,1 cm de diámetro del fruto, superando estadísticamente a los tratamientos T3 (0,75 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio), T2 (0,5 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio), T1 (0,25 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio) y T0 (Control) quienes arrojaron promedios de 8,3 cm, 8,1 cm, 7,7 cm y 7,1 cm de diámetro del fruto, respectivamente.

También podemos observar que las respuestas al incremento de las dosis de Fosfonato de Ca describieron una respuesta lineal positiva (dispersión de los promedios) describiendo una línea recta positiva (gráfico 4) la cual es descrita por

la ecuación $Y = 0,4733 x + 6,64$, donde por cada unidad de incremento de la dosis de Fosfonato de Ca aplicado el efecto sobre el diámetro del fruto (variable dependiente) sufriría un incremento de 0,4733 (valor de la regresión), así mismo, el valor de la Relación de correlación (r) entre ambas variables (Independiente y dependiente) fue de 98,1%.

Analizando estos resultados según Bionova Group (2012), las características del producto Saeta posee compuestos a base de fósforo y calcio que permiten actuar en doble acción como fertilizante y como fungistático (previniendo enfermedades del grupo Oomycetos como Phythoptora, Pytium, Peronospora, Alternaria, etc), esto hace que estimule la producción de fitoalexinas que fortalecen y estimulan los mecanismos de defensa de la planta.

Estos resultados fueron mayores a lo reportado por Villalobos (2015), quién obtuvo promedios estadísticamente iguales entre sí, cuyos valores fluctuaron desde 7.79 hasta 7.68 cm, respectivamente. El mismo autor concluye que las dosis de Ferti EM, no ejercieron influencia en los resultados.

3.2.5. Peso del fruto

En la evaluación de esta variable, la información generada al ser procesada por medio del Análisis de Varianza (tabla 13), esta determinó la existencia de diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) para Tratamientos. Como el Coeficiente de Determinación (R^2) es un parámetro estadístico que establece una relación entre la varianza explicada y la varianza total, este ha definido que las dosis de Fosfonato de Ca (Saeta) en el cultivo de ají pimentón (*Capsicum annuum* L) variedad California Wonder explican muy bien su acción sobre el peso del fruto en 99.4%, así mismo, el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con 3,5% nos aseguró una alta confiabilidad al encontrarse dentro del rango establecido para este tipo de trabajo de investigación en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Rangos Múltiples ($P < 0,05$) para los promedios de los tratamientos (tabla 14) determinó que entre ellos existe diferencias significativas, donde el tratamientos T4 (1,0 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio) arrojó el mayor promedio con 241,1 g de peso del fruto, superando estadísticamente s los tratamientos T3 (0,75

1.ha⁻¹ fosfonato de calcio), T2 (0,5 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio), T1 (0,25 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio) y T0 (Control) quienes arrojaron promedios 190,2 g; 147,3 g; 212,0 g y 99,3 g de peso del fruto, respectivamente.

Podemos observar que las respuestas al incremento de las dosis de Fosfonato de Ca describieron una respuesta lineal positiva (dispersión de los promedios) describiendo una línea recta positiva (gráfico 5) la cual es descrita por la ecuación $Y = 35.287 x + 53.913$, donde por cada unidad de incremento de la dosis de Fosfonato de Ca aplicado el efecto sobre el peso del fruto (variable dependiente) sufriría un incremento de 35,287 (valor de la regresión), así mismo, el valor de la Relación de correlación (r) entre ambas variables (Independiente y dependiente) fue de 98,4%.

Al parecer la aplicación del fosfonato de calcio por vía foliar enriqueció a los tejidos en desarrollo y promover escasa transpiración, que dio morivos para una mayor capitalización de los carbohidratos en los frutos, lo que se puede explicar los resultados obtenidos.

3.2.6. Rendimiento

En la evaluación de esta variable, la información generada al ser procesada por medio del Análisis de Varianza (tabla 15), esta determinó la existencia de diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) para Tratamientos. Como el Coeficiente de Determinación (R^2) es un parámetro estadístico que establece una relación entre la varianza explicada y la varianza total, este ha definido que las Dosis de Fosfonato de Ca (Saeta) en el cultivo de ají pimentón (*Capsicum annuum L*) variedad California Wonder explican muy bien su acción sobre el Rendimiento en Kg.ha⁻¹ en 99,3%, así mismo, el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con 3,99% nos aseguró una alta confiabilidad al encontrarse dentro del rango establecido para este tipo de trabajo de investigación en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Rangos Múltiples ($P < 0,05$) para los promedios de los tratamientos (tabla 16) determinó que entre ellos existe diferencias significativas, donde el tratamiento T4 (1,0 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio) arrojó el mayor promedio con 16

213,85 kg.ha⁻¹ de rendimiento, superando estadísticamente a los tratamientos T3 (0,75 l.ha⁻¹ fosfonato de calcio), T2 (0,5 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio), T1 (0,25 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio) y T0 (Control) quienes arrojaron promedios 13 283,30 kg/ha, 9 216,85 kg.ha⁻¹, 6 305,80 kg.ha⁻¹ y 3 776,79 kg.ha⁻¹ de rendimiento respectivamente.

Podemos observar que las respuestas al incremento de las dosis de Fosfonato de Ca describieron una respuesta lineal positiva (dispersión de los promedios) describiendo una línea recta positiva (gráfico 6) la cual es descrita por la ecuación $Y = 3185.2 x + 203.84$ donde por cada unidad de incremento de la dosis de Fosfonato de Ca aplicado el efecto sobre el rendimiento en kg.ha⁻¹ (variable dependiente) sufriría un incremento de 3185,2 (valor de la regresión), así mismo, el valor de la Relación de correlación (r) entre ambas variables (Independiente y dependiente) fue de 99.68%.

Estos resultados pudrían ser que se dieron por la aplicación del fosfonato de calcio (Saeta), como un complemento necesario para la ocurrencia de mayor performance fisiológica y metabólica del cultivo de ají pimentón variedad California Wonder. Los resultados obtenidos, se asemejan a los indicados por Depreste (2009), quién indica que el rendimiento del ají pimentón, variedad California Wonder, fluctúa de 15 a 50 t.ha⁻¹; INIA (1995), reporta que el rendimiento del ají pimentón, usando la variedad California, usando una buena calidad de semilla y con un buen manejo del cultivo se puede obtener entre 22 a 25 t.ha⁻¹. Villalobos (2017), con la aplicación de 1000 kg.ha⁻¹ de Ferti EM (T4), obtuvo el mayor rendimiento con 21 338,72 kg.ha⁻¹.

3.2.7. Análisis económico

En la tabla 17, se puede observar que todos los tratamientos alcanzaron valores B/C y beneficios netos positivos, lo que se traduce en ganancias por unidad de área y por campaña. Estos valores obtenidos se calcularon considerando el precio al por mayor en el mercado local de S/. 0,80 nuevos soles por kilogramo de Ají Pimentón. Claramente se aprecia que con el Tratamiento T4 (1,0 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio) se obtuvieron los mejores valores de B/C y Beneficio Neto con 1,10 y S/. 1138.68 nuevos soles respectivamente, seguido de los tratamientos T3 (0,75 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio), T2, (0,5 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio), T1 (0,25 l.ha⁻¹ de

fosfonato de calcio) y T0 (testigo) con quienes se obtuvieron valores B/C de 0.92; 0,67; 0,47 y 0,29 con S/. -880.99; S/. -3690.11; S/: -5696.23 y S/. -7310.83 nuevos soles respectivamente.

No concordando Ramírez (2007) quien alcanzó los promedios obtenidos por la nuestra con utilidades netas de 18 555.74 y 20 890.74 nuevos soles, de igual manera el INIA (1995) hace referencia que los resultados se encuentran entre 12 a 15 toneladas por hectárea, lo que es coincidente con los obtenidos en el presente trabajo de investigación, el mismo autor también indica que podría obtener buenos resultados de 22 a 25 toneladas por hectárea con una buena calidad de semilla y un buen manejo del cultivo.

CONCLUSIONES

La dosis de $1,0 \text{ l.ha}^{-1}$ de fosfonato de calcio (T4), aplicados foliarmente a los 30 días después del trasplante y a los 21 días después de la primera aplicación, fueron tiempos claves para gravitar mayor sinergismo a los procesos fisiológicos y metabólicos del cultivo de ají pimentón variedad California Wonder y cumplir con su misión de ser una nutrición complementaria y correctiva, obteniendo las mejores respuestas en rendimiento con $16\ 213.85 \text{ kg.ha}^{-1}$, peso del fruto con 241.1 g , diámetro del fruto con $241,1 \text{ g}$ de $9,1 \text{ cm}$ número de frutos cosechados por planta con 10.67 frutos, número de flores por planta con 27.9 flores, y altura de planta con 52.5 cm .

Con el Tratamientos testigo o control (T0) se obtuvieron los menores promedios en rendimiento con $3\ 776.79 \text{ kg.ha}^{-1}$, peso del fruto con 99.3 g , diámetro del fruto con 7.1 cm , número de frutos cosechados por planta con 5.43 frutos, número de flores por planta con 21.6 flores y Altura de planta con 31.1 cm .

Con el incremento de las dosis de Fosfonato de Ca (variable independiente) desde $0,25$ hasta $1,0 \text{ l.ha}^{-1}$ se obtuvieron incrementos lineales positivos de las variables dependientes: rendimiento, peso del fruto, diámetro del fruto, número de frutos cosechados por planta, número de flores por planta y altura de planta.

Con el Tratamiento T4 ($1,0 \text{ l.ha}^{-1}$ de fosfonato de calcio) se obtuvieron los mejores valores de B/C y Beneficio Neto con 1.10 y $S/. 1138.68$ nuevos soles respectivamente, seguido de los tratamientos T3 ($0,75 \text{ l.ha}^{-1}$ de fosfonato de calcio), T2, ($0,5 \text{ l.ha}^{-1}$ de fosfonato de calcio), T1 ($0,25 \text{ l.ha}^{-1}$ de fosfonato de calcio) y T0 (testigo).

RECOMENDACIONES

Para el cultivo de Ají Pimentón (*Capsicum annuum* L.) Variedad California Wonder la aplicación foliar de 1,0 l.ha⁻¹ de fosfonato de calcio, por haberse obtenido mejores resultados en el crecimiento, desarrollo y rentabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barber, R. G. (1994). *Rotaciones de cultivos para zonas con 1000 a 1300 mm de lluvia por año en el Departamento de Santa Cruz, Bolivia*. Capítulo 13 del “Manual de Manejo de Suelos para Agricultores Mecanizados”. Sarber, RG. (Ed.). Santa Cruz, Bolivia.
- Bayer Cropscience. (2004). *Fertilizacion foliar*. www.bayer.com.
- Bergman, W. (1993). *Ernährungs-störungen bei kultur-pflanzen*. Gustav Fischer Verlag SenaStuttgart.
- Berríos, U. (2007). *Guía de Manejo de Nutrición Vegetal de Especialidad*. Pimiento. SQM. 103 p.
- Bionovo Group – Peru. (2012). *Saeta (fosfonato de calcio)*
- Bowen, J.E y Kratky, B.A. (1981). *Los Foliares*. Ed. Mundo. EE.UU. 325 p.
- Burt, C. K. O. Connor and T, Ruehr (1998). *Fertigation*. The irrigation training and research center, California Polytechnic state university, San Luis Obispo, CA.
- Cáceres, E. (1984). *Producción de Hortalizas*. IICA, San José, Costa Rica. 387 páginas.
- Calzada, J. (1984). “*Métodos estadísticos para la investigación*”
- Cano, M. F. (1994). *El cultivo del chile*. Monografías. Pimiento 15-68p
- Caro, T. (1998). Efecto de la fertilización N-P-K, en tres cultivares de Pimiento dulce (*Capsicum Annuum L.*) bajo R.L.A.F.: exudación. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 87pp.
- CATIE. (1990). *Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo del chile dulce*. CATIE. Proyecto regional Manejo Integrado de Plagas. Programa de mejoramiento de cultivos tropicales
- Corporación Misti (2003). *Los Microelementos*. www.misti.com.
- CENTA. (2002). *Cultivos Tropicales*. www.geogle. Ají pimentón.
- Estación Experimental “Liliana Dimitrova. (1999)”. Ciencia y técnica en la agricultura (hortalizas, papa, granos y fibras). Ciudad de la Habana, Cuba (grupo de publicaciones) 79-86pp.

- De Alcantara, F; Da C. Ribeiro, C. (2008). *Pimentas Capsicum. Solos e edubacao*. Capítulo 8. Embrapa. 200 pp.
- Depreste, T. (2009). *Guía técnica para la producción del cultivo de pimiento*. Asociación cubana de técnicos agrícolas y forestales. La Habana - Cuba. 17 págs.
- Devlin, R. (1982). *Fisiología vegetal*. Ediciones Omega, S.A. 517 pp.
- Epstein, E. y Bloom, A. J. (2006). *Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas*. Londrina: Editorial Planta.
- FAO, (2018). *Funciones de los elementos en las plantas*. Power Point. www.fao.org.
- Farmagro. (2011). *Biomagig (IPA, AIA, ABA, GA, Citoquininas)*. Los Olivos. Lima. Perú.
- Fernández de Oviedo, G., (1535). *Historia General y Natural de las Indias, Islas y Tierra Firme del Mar Oceano*. Ed. De 1854 de la Real academia de la Historia. Madrid.
- Fernandes, P. D. y Haag, H. P. (1972). *Nutrição mineral de hortaliças: XXI efeito da omissão dos macronutrientes no crescimento e na composição química do pimentão (Capsicum annum L., var. avelar)*. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, 29, 223-235.
- Fernández, L. J.; Liverotti, O.; Sánchez, G. (1997). *Manejo Poscosecha de Pimiento. Control de Calidad*. Inspección de frutas y hortalizas - Corporación del Mercado Central de Buenos Aires.
- Giaconi, V. (1990). *Cultivo de hortalizas*. Ed. Universitario. Santiago-Chile. 308 p.
- Guadron, J. (1990). *Fisiología Vegetal*. U.N.A.L.M. LIMA – PERÚ 159 p.
- Hagin, J. and A. Lowengart – Aycicegi. (1999). *Fertigation – State of the art*. The International Fertilizer Society Proceedings No 429.
- Holdridge, R. (1984). *“Ecología Basada en las Zonas de Vida”*. San José – Costa Rica. IICA. 250 pp.
- Huanco, Piscoche, N (2003). *Efecto de la fertirrigación nitrogenada, fosforada, potásica con y sin micro nutrientes en el cultivo de pimiento (Capsicum annum L.)*. Universidad Nacional Agraria La Molina (Perú). Facultad de Agronomía.
- Impulssemillas (sf). *Guía técnica*. Colombia.

- Infoagro. (2018). *Agricultura Ecológica*. El cultivo del pimentón. Parte 2. www.infoagro.com
- Infoagro. (2002). *El cultivo del pimiento*. www.infoagro.com.
- INIA. (1995). “*El pimiento*”. www.inia.com
- INTAGRI. (2017). *Síntomas visuales de deficiencia de fósforo en los cultivos*. Serie Nutrición Vegetal Núm. 103. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4p.
- INTAGRI. (2018). *Funciones del calcio (Ca) en la nutrición vegetal*. Serie Nutrición vegetal, núm. 122. artículos técnicos de INTAGRI. México. 5p.
- International Potash Institute, (1999). Manejo de nutrientes por fertirriego en sistemas de fruti horticueltas Tucumán – Argentina.
- Jaramillo, J. (1988). *Recomendaciones para el cultivo del pimentón en el Valle del Cauca*. En: Guía para la producción de hortalizas. Asiava. Cali. 56-102pp.
- Jaramillo, J. (2012). Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. En prensa. Corpoica. 484pp.
- Jensen, W y Salisbury, F. (1994). *Botánica*. Primera edición español. Ed. McGRAW-HILL, S.A. México. 762 Pp.
- Lupin, M, H. Magen and Z. Gambas. (1996). *Preparation of solid fertilizer based solution fertilizers under “grass root” field conditions*. Fertiliser Neuw, The fertilizer Association of India (FAI), 41 – 72 pp.
- Maroto, J. (1986). *Horticultura herbácea y especial*. Ed. Mundi-Prensa 5ta edición. Madrid-España. 590 pp.
- Ministerio Nacional de Agricultura (MINAGRI). (2016). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola y Ganadera 2015*. Lima, Perú.
- Nuez, F. Gil Ortega, R. Costa. (1996). *El cultivo de pimientos, Chiles y ajíes*. Ediciones Mundi - Prensa Madrid - España. 586 pp.
- Pinto, C. M. F., Lima, P. C., Salgado, L. T. y Caliman, F. R. B. (2006). *Nutriçãomineral e adubação para pimenta*. *Informe Agropecuário*, 27(235), 50-57.
- Química Zuisa. (2010). *Agrostemin (Auxina, Giberelina y Citoquinina)*. La Victoria Lima-Perú.

- Ramírez, J. M. (2007). “*Efecto de niveles de fertilización en “Drench” en la productividad de dos variedades de ají pimentón (Capsicum Annum L), en la zona de Lamas.*” Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. UNSM – T. 69 pp.
- Ramírez, F. (2000). *Manejo nutricional y fertilización balanceada en el cultivo de páprika*. Manejo del cultivo de páprika. Arequipa.
- Reche, M J. 2010. *Cultivo del pimiento dulce en invernadero*. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y pesca. 291p. disponible 28 dic 2012: <http://es.scribd.com/doc/74262640/87/c-Carenciales> REVISTA CIENTÍFICA UDO AGRÍCOLA (2002). Universidad de Oriente Press, ISSN: 1317 – 9152 Vol. 2 Num. 1, 2002. 79 – 83 pp.
- Rodríguez, M. y Flores, V.J. (2004). *Elementos esenciales y beneficiosos*. Nociones Basicas de Ferti-Riego extraído de <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/Vista/El-Calcio-En-La-Nutricion-Del-Pimiento.php>, - Esta información es propiedad intelectual de **Fertilidad de Suelos S. de R.L**, FERTILAB
- Rojas, M y Ramírez, H. (1987). *Control hormonal del desarrollo de las plantas*. Primera edición, Ed. Limusa. México. 239 Págs.
- Salisbury, F y Ross, C. (1994). *Fisiología Vegetal*. Primera edición. Grupo Editorial Iberoamericana. México. 759 Págs.
- Sánchez, I. (2017). *Técnico de desarrollo de producto*. El Blog de Arvensis. Importancia del calcio en las plantas Arvensis Gro.
- Semillas fito, (2004). S.A. *Barcelona* (España).
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). (2020). Datos meteorológicos de temperatura media (°C), Precipitación total mensual (mm) y humedad relativa (%). Dirección General. Tarapoto, Perú.
- Serrano, Z. (1996). *Veinte cultivos de hortalizas en invernadero*. RALI, S.A. Sevilla, España: 637p.
- SNEH, M. (1995). *The history fertigation in Israel*. In: *Proc. Dhalia Greindinger Int. Symp. On Fertigation*. Technion, Haifa, Israel 26 March – 1 April 1995. 1 – 10 p.
- Stowe, B. B And Yamaki, T. J. (1959). *Gibberellins. Stimulants of growth*. Science N^o 129, 807-816 Págs.

- Tonetto de Freitas, S. y Mitcham, E. J. (2012). *Factors involved in fruit calcium deficiency disorders*. En J. Janick (Ed.). *Horticultural Reviews* (pp. 107-146). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc.
- Thompson, L.M. (1962). *El Suelo y su Fertilidad*. Editorial Reverte. BARCELONA. 506 p.
- Trani, P. E. y Raij, B. (1997). *Hortalizas*. En B. Raij, H. Cantarella, J. A. Quaggio y A.M. C. Furlani (Eds.) *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo* (pp. 157-164). Campinas: IAC. (Boletim Técnico, 100).
- Traves, G. (1962). *Abonos*. VOL II Segunda Edición. Editorial SINTES. ESPAÑA. 456 p.
- Tuckey, H.B. (1969). *Los Abonos Foliares*. LA HACIENDA. FLORIDA (EE.UU.) ,132 p.
- UNLU (sf). Universidad Nacional de Luján. Departamento de tecnología. Producción Vegetal III (Horticultura). Ficha técnica. <http://www.hort.unlu.edu.ar/sites/www.hort.unlu.edu.ar/files/site/Pimiento.pdf>
- Vallejo, F; Estrada, E. 2004. *Producción de hortalizas de clima cálido*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. 347p. disponible 28 dic 2018 en: <http://books.google.com.co/books?id=UpfyvNokkroC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.
- Villalobos, T. J. R. (2015). *Efecto de cuatro dosis de fertilizante orgánico enriquecido con microorganismos (Ferti EM) en el cultivo de ají pimentón (Capsicum annum L.) variedad California Wonder, en el distrito de Lamas*. Tesis Ing. Agron. 55pp.
- Ville, E, C. (1992). *Biología*. Séptima edición. Ed. McGRAW-HILL. México. 875 Págs.
- Weaver, R. (1976). *Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura*. Editorial Trillas, México. 622 Págs.
- Yuste P, P. (2002). *Biblioteca de la agricultura, suelos abonos materia, orgánica*. Impresa en España. 764 p.
- Zaidan, y Avidan. (1997). *Greenhouses tomatoes in soilless culture*. Ministry of Agriculture, Extensión Service, vegetables and field service departments (in Hebrew).

ANEXOS

Anexo 1: Fotos de la tesis



Anexo 2: Datos de campo

Bloques	Trats	Altura de planta	Numero de flores por planta	Numero de flores por planta (transformado)	Numero de frutos por cosechados por planta	Numero de frutos por cosechados por planta (transformado)	Diámetro del fruto (cm)	Longitud del fruto (cm)	Peso de fruto (g)	Rdto (kg/ha)
I	0	32.55	21.20	4.60	5.20	2.28	7.20	7.50	41.20	3570.52
II	0	29.75	21.20	4.60	6.10	2.47	6.90	7.80	40.10	4076.67
III	0	31.00	22.40	4.73	5.00	2.24	7.10	7.50	44.20	3683.19
I	1	32.00	24.10	4.91	6.80	2.61	7.80	9.20	52.50	5949.76
II	1	33.00	23.10	4.81	7.10	2.66	7.80	9.30	55.40	6555.40
III	1	34.20	23.70	4.87	7.50	2.74	7.50	8.90	51.30	6412.24
I	2	42.10	23.80	4.88	8.70	2.95	8.30	9.40	60.30	8743.15
II	2	37.20	24.00	4.90	8.90	2.98	7.90	9.50	66.20	9819.27
III	2	38.90	23.90	4.89	8.30	2.88	8.10	9.10	65.70	9088.14
I	3	49.30	27.80	5.27	9.10	3.02	8.50	9.30	85.30	12936.65
II	3	48.30	25.90	5.09	8.90	2.98	8.00	9.40	87.40	12963.81
III	3	50.20	24.30	4.93	9.30	3.05	8.40	9.60	90.00	13949.44
I	4	49.90	28.50	5.34	10.60	3.26	9.30	10.30	91.40	16146.69
III	4	53.20	25.80	5.08	11.10	3.33	9.10	10.50	90.10	16667.83
III	4	54.40	29.40	5.42	10.30	3.21	9.00	10.20	92.20	15827.03
		41.07	24.61	4.95	8.19	2.84	8.06	9.17	67.55	9759.32

Anexo 3: Costos de producción por tratamiento

T0 : Testigo

Rubro	Unidad	Cant.	C. Unit.	C. Parcial	C. Total
COSTOS DIRECTOS					
1. Prep. del Terreno					740
- Limpieza	Jornal	4	30	120	
- Alineamiento	Jornal	2	30	60	
- Removido Del suelo	Hora/maquina	8	70	560	
2. Siembra	Jornal	8	30	240	240
3. Almacigo	Jornal	5	30	150	150
4. Labores culturales					1020
- Deshierbo	Jornal	20	30	600	
- Abonamiento	Jornal	4	30	120	
- Riegos	Jornal	10	30	300	
- Aplicación de fosfonato	Jornal	0	30	0	
5. Cosecha	Jornal	40	30	1200	1200
6. Trasp. Y comer.	kg	3776.79	0.1	377.68	377.68
7. Insumos					2400
- Semillas	Kg	1	2400	2400	
- Fosfonato de Ca	Lt	0	65	0	
8. Materiales					2384.00
- Machetes	Unidad	4.00	10	40	
- Bandejas almacigueras 200 celdas	Unidad	83.00	8.00	664.00	
- Materia orgánica	kg.	10 000.00	0.16	1600.00	
- Palanas	Unidad	4.00	20	80	
Sub. Total					8511.68
- Imprevistos (5% del C.D)					425.583967
- Leyes sociales (50% m.o)					1395
Costo Total					10332.26

T1 : 0,25 Lt/ha de Fosfonato de Ca

Rubro	Unidad	Cant.	C. Unit.	C. Parcial	C. Total
COSTOS DIRECTOS					
1. Prep. del Terreno					740
- Limpieza	Jornal	4	30	120	
- Alineamiento	Jornal	2	30	60	
- Removido Del suelo	Hora/maquina	8	70	560	
2. Siembra	Jornal	8	30	240	240
3. Almacigo	Jornal	5	30	150	150
4. Labores culturales					1140
- Deshierbo	Jornal	20	30	600	
- Abonamiento	Jornal	4	30	120	
- Riegos	Jornal	10	30	300	
- Aplicación de fosfonato	Jornal	4	30	120	
5. Cosecha	Jornal	40	30	1200	1200
6. Trasp. Y comer.	kg	6305.8	0.1	630.58	630.58
7. Insumos					2416.25
- Semillas	Kg	1	2400	2400	
- Fosfonato de Ca	Lt	0.25	65	16.25	
8. Materiales					2384.00
- Machetes	Unidad	4.00	10	40	
- Bandejas Almacigueras 200 Celdas	Unidad	83.00	8.00	664.00	
- Materia Orgánica	kg.	10 000.00	0.16	1600.00	
- Palanas	Unidad	4.00	20	80	
Sub. Total					8900.83
- Imprevistos (5% del C.D)					445.0415
- Leyes sociales (50% m.o)					1395
Costo Total					10740.87

T2 : 0,5 Lt/ha de Fosfnato de Ca

Rubro	Unidad	Cant.	C. Unit.	C. Parcial	C. Total
COSTOS DIRECTOS					
1. Prep. del Terreno					740
- Limpieza	Jornal	4	30	120	
- Alineamiento	Jornal	2	30	60	
- Removido Del suelo	Hora/maquina	8	70	560	
2. Siembra	Jornal	8	30	240	240
3. Almacigo	Jornal	5	30	150	150
4. Labores culturales					1140
- Deshierbo	Jornal	20	30	600	
- Abonamiento	Jornal	4	30	120	
- Riegos	Jornal	10	30	300	
- Aplicación de fosfonato	Jornal	4	30	120	
5. Cosecha	Jornal	40	30	1200	1200
6. Trasp. Y comer.	kg	9216.85	0.1	921.685	921.685
7. Insumos					2432.5
- Semillas	Kg	1	2400	2400	
- Fosfonato de Ca	Lt	0.5	65	32.5	
8. Materiales					2384
- Machetes	Unidad	4.00	10	40	
- Bandejas Almacigueras 200 Celdas	Unidad	83.00	8.00	664.00	
- Materia Organica	kg.	10 000.00	0.16	1 600.00	
- Palanas	Unidad	4.00	20	80	
Sub. Total					9208.185
- Imprevistos (5% del C.D)					460.40925
- Leyes sociales (50% m.o)					1395
Costo Total					11063.59

T3 : 0,75 Lt/ha de Fosfonato de Ca

Rubro	Unidad	Cant.	C. Unit.	C. Parcial	C. Total
COSTOS DIRECTOS					
1. Prep. del Terreno					740
- Limpieza	Jornal	4	30	120	
- Alineamiento	Jornal	2	30	60	
- Removido Del suelo	Hora/maquina	8	70	560	
2. Siembra	Jornal	8	30	240	240
3. Almacigo	Jornal	5	30	150	150
4. Labores culturales					1140
- Deshierbo	Jornal	20	30	600	
- Abonamiento	Jornal	4	30	120	
- Riegos	Jornal	10	30	300	
- Aplicación de fosfonato	Jornal	4	30	120	
5. Cosecha	Jornal	40	30	1200	1200
6. Trasp. Y comer.	kg	13283.3	0.1	1328.33	1328.33
7. Insumos					2448.75
- Semillas	Kg	1	2400	2400	
- Fosfonato de Ca	Lt	0.75	65	48.75	
8. Materiales					2384
- Machetes	Unidad	4.00	10	40	
- Bandejas Almacigueras 200 Celdas	Unidad	83.00	8.00	664.00	
- Materia Orgánica	kg.	10 000.00	0.16	1 600.00	
- Palanas	Unidad	4.00	20	80	
Sub. Total					9631.08
- Imprevistos (5% del C.D)					481.554
- Leyes sociales (50% m.o)					1395
Costo Total					11507.63

T4 : 1 Lt/ha de Fosfonato de Ca

Rubro	Unidad	Cant.	C. Unit.	C. Parcial	C. Total
COSTOS DIRECTOS					
1. Prep. del Terreno					740
- Limpieza	Jornal	4	30	120	
- Alineamiento	Jornal	2	30	60	
- Removido Del suelo	Hora/maquina	8	70	560	
2. Siembra	Jornal	8	30	240	240
3. Almacigo	Jornal	5	30	150	150
4. Labores culturales					1140
- Deshierbo	Jornal	20	30	600	
- Abonamiento	Jornal	4	30	120	
- Riegos	Jornal	10	30	300	
- Aplicación de fosfonato	Jornal	4	30	120	
5. Cosecha	Jornal	40	30	1200	1200
6. Trasp. Y comer.	kg	16213.85	0.1	1621.385	1621.385
7. Insumos					2465
- Semillas	Kg	1	2400	2400	
- Fosfonato de Ca	Lt	1	65	65	
8. Materiales					2384
- Machetes	Unidad	4.00	10	40	
- Bandejas Almacigueras 200 Celdas	Unidad	83.00	8.00	664.00	
- Materia Orgánica	kg.	10 000.00	0.16	1 600.00	
- Palanas	Unidad	4.00	20	80	
Sub. Total					9940.385
- Imprevistos (5% del C.D)					497.01925
- Leyes sociales (50% m.o)					1395
Costo Total					11832.40