

Edafología. Volumen 7-2. Mayo 2000. pag 91-102.

APROVECHAMIENTO DEL ALPECHÍN A TRAVÉS DEL SUELO. ESTIMACIÓN DEL POSIBLE IMPACTO SOBRE LAS AGUAS DE INFILTRACIÓN.

Sierra Llopart, J.; Martí Vergé, E.; Montserrat Bueno, G.; Cruañas Tarradas, R. y Garau Guasch, M.A.

Laboratori d'Edafologia. Facultat de Farmàcia. Universitat de Barcelona. Avgda. Joan XXIII s/n. 08028 Barcelona. SPAIN.

Resumen

Se ha efectuado un ensayo en columnas lisimétricas con muestras de dos suelos de características distintas. Periódicamente se ha aportado alpechín a dosis de 30, 180 y 360 m³/ha y agua alternativamente simulando 8 ciclos anuales de aporte de alpechín y lluvia. Se han recogido los lixiviados y se ha determinado el pH, conductividad, DQO, fenoles, nitratos, sodio, potasio e índice de germinación. Los resultados obtenidos muestran que dosis de alpechín equivalentes a 30 no originan cambios sustanciales en los parámetros estudiados. Dosis de 180 y 360 pueden producir contaminación de las aguas, como se deduce de los valores de CE₂₅, DQO y fenoles que se van acentuando con la dosis y el número de aplicaciones

Palabras clave: alpechín, contaminación de aguas, fertilización de suelos, fenol.

INTRODUCCIÓN

La obtención del aceite de oliva constituye una actividad muy importante en el área mediterránea, siendo España uno de los mayores productores de aceite de oliva del mundo.

En función de los productos generados en la extracción del aceite de oliva, se pueden clasificar las almazaras en dos grupos:

- Almazaras de 3 fases: se caracterizan por generar el aceite y dos

subproductos; el **alpechín** (líquido acuoso) y el orujo (subproducto sólido constituido por restos de hueso y pulpa de aceituna). La cantidad de alpechín generado depende del sistema de extracción y oscila entre 0,5 y 1,4 litros por kg de aceituna procesada.

- Almazaras de 2 fases: se distinguen de las anteriores por no generar alpechín ya que éste queda embebido en el orujo, llamándose entonces alpeorujo. Este sistema no se desarrolló hasta la campaña de 1992-93.

Las características del alpechín son variables y dependen de la variedad de aceituna, las condiciones edafoclimáticas y el método de extracción. En general sus características principales son: líquido acuoso, oscuro, fétido, turbio, con grasa en emulsión (0,3-23 g/L), de fácil fermentación y con elevado poder reductor (DQO 45-130 g/L i DBO₅ 35-100 g/L); es así mismo, ácido (pH 4-5) y muy salino (CE₂₅ 7-16 dS/m), con elevado contenido en polifenoles libres (3-24 g/L) producidos por la hidrólisis de los glucósidos y ésteres de la pulpa de las olivas en la elaboración del aceite (Vázquez Roncero et al., 1974). A estos compuestos fenólicos se les atribuyen propiedades antibacterianas y fitotóxicas (Martinez et al., 1986).

Tradicionalmente el alpechín se vertía a los cauces fluviales, generando verdaderos impactos sobre las aguas receptoras. El Real Decreto 18/1981 del 4 de diciembre (BOE 38 del 13-2-1982) y la Orden del 9 de junio de 1982 (BOE 141 del 14-6-1982) prohibió el vertido al cauce público de los efluentes procedentes de las almazaras. Las soluciones adoptadas a partir de entonces fueron muy variadas: tratamientos físicos de depuración, fisico-químicos, biológicos (Agencia del Medio Ambiente, 1992; Fiestas, 1977; Borja et al., 1993), uso del **suelo** como medio de eliminación mediante balsas de evaporación e infiltración (Escolano Bueno, 1975) y la utilización del alpechín como fertilizante (Levi-Minzi et al., 1992). El principal problema de estos sistemas es la posible contaminación del suelo y las aguas de infiltración. En Cataluña, el Decreto 290/1994 del 29 de septiembre sobre normas adicionales de autorización de almazaras (DOGC 1973 del 16-11-1994) establece la utilización del alpechín como fertilizante en suelos de cultivo a dosis máxima de 30 m³ por ha y año.

El objetivo del trabajo es evaluar el posible impacto que sobre las aguas de infiltración, puede producir la aplicación de distintas dosis de alpechín a dos suelos de características muy diferentes. La finalidad del estudio es poder disponer de unos datos de simulación en columnas de lixiviación con los que poder comprobar la eficacia de las recomendaciones para uso agrícola de alpechín.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó cabo en un conjunto de columnas lisimétricas de metacrilato de 1 metro de altura y 10 centímetros de diámetro. La mitad de las columnas se llenó con muestra del horizonte A de un suelo calcáreo y la otra mitad con la de un suelo granítico. Ambas muestras fueron previamente tamizadas a 1 centímetro de diámetro. En la [tabla 1](#) se indican algunas características de los suelos utilizados.

El alpechín utilizado procede de un molino de aceite de 3 fases provisto de prensa hidráulica y ubicado en Vilalba dels Arcs (Terra Alta, Tarragona). En la [tabla 2](#) se muestran algunas de sus características.

Se han efectuado periódicamente aplicaciones de alpechín a las columnas previamente preparadas. Las dosis de aporte de alpechín equivalen a 30, 180, y 360 m³/ha/año. Todos los tratamientos se han efectuado por duplicado y se han incluido los suelos control, sin aporte de alpechín (dosis 0).

Después de cada aplicación de alpechín, y una vez infiltrado, se voltearon los 20 primeros centímetros. Al cabo de 15 días se simuló un periodo de lluvia, utilizando agua destilada en una cantidad equivalente a una precipitación de 168 mm. La cantidad de agua utilizada corresponde aproximadamente a la lluvia efectiva infiltrada en un año (precipitación - evapotranspiración) en una de las zonas oleícolas de Cataluña. A continuación se recogieron los lixiviados de cada columna y éstas se dejaron en reposo durante otro periodo de 15 días para su secado. El ciclo se ha repetido hasta completar un total de 8 aplicaciones de alpechín y 8 aplicaciones de "lluvia" con las correspondientes lixiviaciones.

Los lixiviados obtenidos se han caracterizado mediante la determinación de los siguientes parámetros: pH (potenciometría), salinidad (CE por conductimetría), Na⁺ , K⁺ (fotometría de llama), nitratos (cromatografía iónica), fenoles totales (Folin Ciocalteu, Box, 1983), Demanda Química de Oxígeno (oxidación con dicromato potásico), Índice de germinación (con semillas de *Lactuca sativa*).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, mediante una serie de tablas, se presentan los resultados obtenidos de los análisis efectuados en los lixiviados después de las sucesivas

aplicaciones de alpechín. En ellas se indican los valores medios de los duplicados obtenidos y los coeficientes de variación en porcentaje de los distintos parámetros, así como la media aritmética de los valores obtenidos correspondientes a las 8 aplicaciones, para cada tratamiento.

En la [tabla 3](#) se indican los valores de pH de los lixiviados y se observa que en el caso del suelo calcáreo los valores de pH no tienen variaciones notables al aumentar la dosis de alpechín, debido al elevado poder de neutralización de los carbonatos presentes. Por el contrario en el suelo granítico, con menor capacidad amortiguadora, se observa una ligera acidificación al aumentar la dosis de alpechín.

En la [tabla 4](#) se muestra la salinidad de los lixiviados. En los correspondientes a los suelos control (dosis 0) se observa que la conductividad eléctrica va aumentando hasta la 4ª aplicación en el suelo calcáreo y hasta la 3ª en el suelo granítico. En las siguientes va disminuyendo debido al efecto de lavado de las sucesivas simulaciones de lluvia. En general al aumentar la dosis de alpechín aumenta la salinidad. A la dosis de **30** no se observan cambios notables a lo largo de las 8 aplicaciones para los 2 tipos de suelo. En el suelo granítico, a las dosis de **180** y **360**, los aumentos de salinidad se detectan a partir de la 1ª aplicación, produciéndose un aumento progresivo y llegándose a obtener, en la última lixiviación, valores de 7 y 12 veces más, respectivamente, que en los lixiviados del suelo control. Para el suelo calcáreo los cambios importantes en la salinidad se detectan a partir de la 6ª lixiviación a la dosis de **180** y en la 4ª a la dosis **360**, llegándose a la 8ª lixiviación con valores de conductividad de 2 a 4 veces mayores que el suelo control. Según Ayers y Wescot (1987), para las aguas de riego, con conductividades superiores a 3000 μ S / cm se recomienda severa restricción de uso. Los lixiviados de los suelos a las dosis de **360** superan en algunos casos este valor.

El contenido en sodio de los lixiviados ([tabla 5](#)) revela un comportamiento similar, aunque de mucha menor intensidad, al de la conductividad. A medida que aumenta la dosis de alpechín, se observa un ligero aumento de la concentración de sodio lixiviado.

Una de las características más destacables del alpechín es su elevado contenido en potasio (10310 mg/L en este caso) sin embargo a pesar de que se observa un ligero aumento al aumentar la dosis de alpechín, éste se detecta en poca cantidad en los lixiviados ([tabla 6](#)) en relación con la cantidad aportada, especialmente en los lixiviados del suelo granítico. Probablemente el potasio sea adsorbido por el complejo de cambio del suelo, especialmente en los suelos graníticos, donde éste puede quedar fijado de forma poco reversible en las arcillas de tipo micáceo (íliticas).

Respecto a la carga orgánica de los lixiviados ([tabla 7](#)), aumenta al aumentar la dosis de alpechín a partir de la 1ª lixiviación en el caso del suelo granítico y de la 2ª en el caso del calcáreo. Este incremento se hace más evidente en las sucesivas aplicaciones. En Cataluña el valor máximo de DQO permitido para los vertidos al cauce público es de 160 mg/L de acuerdo con la normativa establecida por el Real Decreto 849/1986 de 11 de abril. Los lixiviados de los suelos a los que se aplican dosis de **180** y **360** superan este valor máximo, lo que supone un riesgo de contaminación orgánica para las aguas subterráneas. Los lixiviados de los suelos **control** y dosis **30** en ningún momento superan ese límite.

La presencia de compuestos fenólicos es muy característica en los alpechines. Los lixiviados de los dos suelos control ([tabla 8](#)) presentan cierta cantidad de fenoles, que disminuye al aumentar el número de aplicaciones como consecuencia del lavado del suelo. El origen de estas sustancias se debe en este caso a productos de la degradación de la lignina y de la síntesis o recombinación por parte de los microorganismos del suelo. La presencia de estos compuestos fenólicos desempeña un papel muy importante en la formación de las sustancias húmicas del suelo (Stevenson, 1982) y en especial en los horizontes A.

En el lixiviado correspondiente al suelo calcáreo, a dosis de **30**, el contenido en fenoles disminuye a lo largo de las 8 aplicaciones, al igual que el control, por lo tanto este suelo a esta dosis es capaz de retener y/o biodegradar estos compuestos en el tiempo transcurrido entre aplicación y aplicación. A dosis de **180** y **360** en general al aumentar la dosis y el número de aplicaciones, aumenta el contenido en fenoles, que en la 8ª lixiviación es, respectivamente, 14 y 97 veces mayor que el lixiviado del suelo control.

El suelo granítico tiene mucha menor capacidad de retención y/o biodegradación, debido a su menor contenido en materia orgánica y a la textura arenosa. A la dosis de **30** el contenido de fenoles en el lixiviado se mantiene constante y es el doble que el correspondiente al suelo control. A dosis de **180** y **360** ya desde la 1ª aplicación se observa un aumento del contenido en fenoles, que se incrementa con el número de aplicaciones, llegando a ser 25 y 300 veces mayor respectivamente que el lixiviado del suelo control.

Parece ser que a dosis de 30 los dos suelos son capaces de retener y/o biodegradar los fenoles. A mayores dosis esta capacidad queda limitada y en consecuencia los fenoles son lixiviados a través del suelo.

El contenido en nitratos de los lixiviados ([tabla 9](#)) de los suelos control sigue una evolución similar a la de la conductividad. Sin embargo a medida que se

aumenta la dosis de alpechín y el número de aplicaciones, el contenido en nitratos disminuye hasta llegar a ser inferior al límite de detección, a partir de la 5ª lixiviación a la dosis **180** y de la 2ª lixiviación para la dosis de **360**, para ambos suelos. Tampoco se han detectado nitritos en los lixiviados, por lo que esta desaparición de nitratos puede ser atribuida a fenómenos de desnitrificación y/o inmovilización por parte de los microorganismos del suelo. Este fenómeno ya fue observado por Riffaldi et al. (1993) al incubar muestras de suelo con distintas dosis de lodo de alpechín.

La presencia de sales a elevadas concentraciones, la elevada carga orgánica en especial elevados contenidos en sustancias fitotóxicas tales como los fenoles, son factores que pueden inhibir el crecimiento de los vegetales. Para evaluar este posible efecto se han efectuado tests de germinación de los lixiviados ([tabla 10](#)).

En la primera lixiviación para todas las dosis de alpechín el índice de germinación es mayor del 100%, esto se debe a que las características fertilizantes del alpechín prevalecen sobre las fitotóxicas. En la dosis de **30**, los dos suelos no presentan, en general, inhibición significativa. Los lixiviados del suelo calcáreo a dosis de **180** y **360** presentan inhibición a partir de la 2ª lixiviación, aumentando con el número de aplicaciones. La dosis **180** del suelo granítico no presenta inhibición hasta la 6ª lixiviación, y a dosis **360** se observa inhibición a partir de la 3ª aplicación, que va aumentando progresivamente hasta llegar a índices de germinación iguales a cero (8ª aplicación).

En general los lixiviados con mayor conductividad eléctrica, DQO y contenido en fenoles presentan también menores índices de germinación.

CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir que dosis de alpechín equivalentes a 30 m³/ha y año no permiten poner en evidencia cambios significativos de los parámetros estudiados para los dos suelos (CE₂₅, Na⁺, K⁺, fenoles e índice de germinación), salvo un ligero aumento de la acidez del lixiviado del suelo granítico, del contenido en fenoles y de la DQO para ambos suelos. Por el contrario, dosis de alpechín equivalentes a 180 y de 360 m³/ha y año pueden producir contaminación de las aguas de infiltración, lo cual se pone de manifiesto en algunos de los parámetros estudiados (CE₂₅, DQO y fenoles) que se acentúan sucesivamente

al aumentar la dosis y número de aplicaciones de alpechín.

El suelo calcáreo presenta mayor capacidad de retención de la carga orgánica, incluidos los compuestos fenólicos, probablemente por contener más materia orgánica y poseer una textura arcillosa. El suelo granítico, sin embargo, es un suelo con menor capacidad de retención de contaminantes y a dosis de 180 y 360, ya desde la 1ª aplicación de alpechín, moviliza contaminantes (fenoles) hacia las aguas subterráneas. Por otra parte el potasio aportado por el alpechín queda retenido en el complejo de cambio en los dos tipos de suelo, teniendo el suelo granítico un mayor poder de fijación selectivo y poco reversible por la presencia de arcillas micáceas.

En cuanto al alpechín, parece tener la capacidad de favorecer fenómenos de desnitrificación o inmovilización de nitratos. Estos efectos ya se observan a la dosis más baja y se hacen más destacables a mayores dosis y al aumentar el número de aplicaciones. A dosis de 180 y 360 los nitratos de los lixiviados desaparecen por completo. Finalmente, cabe indicar que dosis de 30 no presentan índices de inhibición de la germinación significativos para los dos suelos, mientras que las dosis de 180 y 360 pueden inhibir el crecimiento vegetal. La posible fitotoxicidad es atribuible a la elevada salinidad de los lixiviados, así como a la elevada carga orgánica y en especial a los compuestos fenólicos, a los que se atribuyen propiedades antibacterianas y fitotóxicas.

BIBLIOGRAFIA

Ayers, R.; Wescot D.W. (1987). La calidad del agua en la agricultura. Estudio FAO, Riego y Drenaje, 29 (revisión 1). Roma, 174.

Agencia del Medio Ambiente (1992). Medio ambiente en Andalucía. Informe 1991. Consejería de Cultura y Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.

Borja, R.; Garrido, S.E.; Martínez, L.; Ramos-Cormenzana, A.; Martín, A. (1993). Kinetic study of anaerobic digestion of olive mill wastewater previously fermented with *Aspergillus terreus*. Process. Biochem, 28, 397-404.

Box, J.D. (1983). Investigation of the Folin- Ciocalteau phenol reagent for the determination of polyphenolic substances in natural waters. Water Research, 17, 511-525.

Escolano Bueno, A. (1975). Ensayos de eliminación de alpechines por vertido

en balsas o lagunas para su infiltración y evaporación. *Grasas y Aceites*, 26, 387- 396.

Fiestas, J.A. (1977). Depuración de las aguas residuales en las industrias de aceitunas y aceite de oliva. *Grasas y Aceites* 28, 113-121.

Levi-Minzi, R.; Saviozzi,A.; Riffaldi R.; Falzo, L.(1992) Distribución del alpechín en tierras de cultivo : efectos en las propiedades del suelo, *Olivae* , 40, 20-25.

Martínez, J.; Moreno, E.; Ramos-Cormenzana, A. (1986). Incidencia del efecto antimicrobiano del alpechín en su posible aprovechamiento, *Grasas y Aceites*, 37, 215-223.

Riffaldi, R.; Levi-Minzi, R.; Saviozzi, A ; Vanni Y A Scgnozzi G. (1993) Effect of the disposal of sludge from olive processing on some soil characteristics: Laboratory experiments, *Water, Air and Soil Pollution*, 69, 257-264.

Stevenson F.J.(1982). *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*, John Wiley and Sons. Department of Agronomy. University of Illinois, 195-220.

U.S.D.A.(1996). *Keys to Soil Taxonomy*. Seventh Edition. Soil Survey Staff. Washington DC.

Vázquez Roncero, A.; Maestro Durán, R.; Graciani Constante, E.(1974). Componentes fenólicos de la aceituna.II. Polifenoles del alpechín. *Grasas y Aceites*, 25, 341-345.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean hacer constar que este trabajo ha sido financiado en parte por la DGES (PB96-0212).

FIGURAS Y TABLAS.

Tabla 1. Características más significativas de los suelos utilizados.

CARACTERÍSTICA	SUELO CALCÁREO	SUELO GRANÍTICO
Tipo de suelo (STS, 1996)	Typic Xerorthent	Typic Xerorthent
Uso	Olivar	Forestal

Procedencia	Santa Barbara (Tarragona)	Vilassar de Dal (Barcelona)
PH (1:2.5)	7,7	6,2
CE ₂₅ (μ S/cm)	130	60
CaCO ₃ (%)	13,2	no detectable
C _{ox} (%)	1,73	0,70
Clase textural	franco arcillosa	arenosa
Activ.biológica (mg O/100 g ss 30d)	190	212
Coef.permeabilidad K (cm/h)	9,6	18,6

Tabla 2. Características del alpechín utilizado.

Parámetro	Valor
pH	4,53
CE ₂₅ (μ S/cm)	16240
Comp. fenólicos (mg ác.cafeico/L)	8320
Demanda química de oxígeno (g/L)	90
Na ⁺ (mg/L)	76
K ⁺ (mg/L)	10310
Ca ²⁺ (mg/L)	787
Mg ²⁺ (mg/L)	178
F ⁻ (mg/L)	1395
Cl ⁻ (mg/L)	1995
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	1737
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	277
NO ₃ ⁻ (mg/L)	no detectable

Tabla 3. pH de los lixiviados obtenidos.

N	Suelo Calcáreo dosis (m ³ / ha)								Suelo Granítico dosis (m ³ / ha)							
	0		30		180		360		0		30		180		360	
	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V
1 ^a	8,1	2,6	8,2	2,6	8,0	0,9	7,8	0,0	7,2	0,0	7,1	0,0	7,0	1,0	6,7	1,1
2 ^a	7,3	0,0	7,4	0,0	7,2	1,0	7,0	3,1	7,5	3,8	7,2	1,0	7,1	2,0	6,6	1,1
3 ^a	7,9	0,0	8,2	0,0	8,0	0,0	7,9	0,9	7,5	1,9	7,3	1,0	7,2	1,0	6,5	2,2
4 ^a	7,9	0,0	7,9	0,0	7,7	1,8	7,4	1,0	7,5	2,8	7,1	3,0	6,9	2,0	6,7	1,1
5 ^a	8,0	0,0	8,1	0,9	8,0	7,1	7,7	1,8	7,4	2,9	7,0	1,0	6,9	0,0	7,0	3,1
6 ^a	7,0	0,0	7,2	1,0	6,8	0,0	7,0	5,1	7,6	5,6	7,0	1,0	7,1	5,0	7,4	3,8
7 ^a	8,2	0,9	8,1	0,9	8,1	2,6	8,3	0,9	8,3	0,9	7,0	1,0	7,6	1,9	6,9	4,1
8 ^a	7,6	9,3	7,9	0,9	7,8	2,7	7,7	9,2	7,3	3,9	7,0	1,0	7,2	8,9	6,7	12,7

media 7,7 4,9 7,8 4,5 7,7 5,6 7,6 5,6 7,5 4,0 7,0 1,5 7,1 3,0 6,8 4,0

Tabla 4. Conductividad eléctrica ($\mu S / cm$) a 25°C de los lixiviados obtenidos.

Nº	Suelo Calcáreo dosis (m ³ /ha)								Suelo Granítico dosis (m ³ /ha)							
	0		30		180		360		0		30		180		360	
	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V
1 ^a	1038	14,3	830	13,0	1078	0,7	1087	11,4	361	10,9	357	4,5	510	7,7	868	30,0
2 ^a	1268	5,6	1159	0,0	1161	3,5	1666	26,2	665	6,8	644	2,6	873	4,0	1894	27,0
3 ^a	1570	2,7	1644	1,4	1548	22,3	1671	5,5	863	8,6	777	4,7	1001	8,4	2484	22,0
4 ^a	1728	3,8	1443	6,1	1651	3,9	3080	27,5	790	11,7	735	0,0	911	16,6	2439	15,0
5 ^a	1617	4,9	1420	1,0	1694	3,3	2469	7,4	536	9,5	531	6,7	955	15,1	2489	23,0
6 ^a	1001	0,1	1051	10,5	1909	26,4	2645	6,1	314	3,2	338	11,7	932	19,9	2474	14,0
7 ^a	1016	7,8	1117	2,1	1588	8,6	2249	2,5	257	5,5	279	9,8	1347	31,1	3622	14,0
8 ^a	1064	1,9	1236	7,1	2141	35,6	3820	41,8	325	1,5	322	10,2	2387	19,7	4010	4,0
media	1287	23,7	1237	20,8	1596	22,1	2336	37,3	513,9	45,7	497,8	40,2	1114	50,4	2535	38,0

Tabla 5. Contenido en sodio (mg /L) de los lixiviados obtenidos.

Nº	Suelo Calcáreo dosis (m ³ /ha)								Suelo Granítico dosis (m ³ /ha)							
	0		30		180		360		0		30		180		360	
	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V
1 ^a	51,0	28,5	42,3	5,9	39,7	1,8	38,4	16,9	22,3	32,1	29,2	1,0	30,3	5,8	45,1	0,0
2 ^a	43,9	10,3	43,0	0,0	45,8	3,7	47,0	22,6	43,0	8,1	42,0	9,3	45,1	5,5	68,2	29,0
3 ^a	52,3	14,3	89,4	12,6	78,9	17,9	64,5	6,5	63,6	7,7	56,9	9,3	62,4	7,9	76,1	8,0
4 ^a	55,6	9,5	46,4	8,2	56,2	12,1	67,9	10,9	57,9	10,1	56,1	5,0	55,9	24,0	71,5	11,0
5 ^a	52,1	2,7	59,1	7,1	78,5	34,9	64,6	11,9	46,7	10,5	45,7	7,6	52,1	21,7	54,6	9,0
6 ^a	30,2	9,4	43,7	24,1	28,3	24,8	36,7	21,2	38,7	38,2	28,8	12,1	40,2	28,0	54,6	1,0
7 ^a	25,8	18,9	34,7	22,4	30,2	4,7	40,7	12,0	25,8	24,4	23,8	20,8	51,6	9,6	44,7	4,0
8 ^a	22,8	9,3	26,3	15,9	29,8	35,4	47,2	26,8	16,8	29,5	24,8	31,1	49,6	4,3	43,2	16,0
media	41,7	32,0	48,1	39,8	48,4	43,2	50,8	25,2	39,3	42,8	38,4	35,5	48,4	20,5	57,2	22,0

Tabla 6. Contenido en potasio (mg /L) de los lixiviados obtenidos.

Nº	Suelo Calcáreo dosis (m ³ /ha)								Suelo Granítico dosis (m ³ /ha)							
	0		30		180		360		0		30		180		360	
	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V
1 ^a	32,7	3,7	26,0	6,5	29,4	9,1	31,7	3,1	5,7	42,2	6,9	8,2	7,7	9,2	8,0	59,0
2 ^a	32,5	5,7	32,6	0,0	32,2	14,9	38,2	9,3	2,2	23,0	2,3	0,0	2,8	0,0	4,3	31,0
3 ^a	35,2	1,6	39,8	10,3	41,0	25,4	43,6	8,8	3,0	18,9	2,9	2,5	3,0	4,7	4,8	16,0
4 ^a	37,3	9,3	36,6	13,7	30,7	6,9	53,1	2,8	2,2	25,7	2,5	5,7	2,9	17,4	4,5	1,0
5 ^a	35,7	8,1	31,3	18,8	39,8	7,3	41,9	12,0	1,9	22,3	2,1	0,0	3,0	18,9	3,2	0,0
6 ^a	24,6	1,4	26,8	1,3	29,0	3,2	32,7	15,1	1,1	25,7	1,3	0,0	2,5	20,2	3,9	7,0
7 ^a	22,6	2,8	24,1	6,5	24,8	12,9	29,6	8,6	0,9	0,0	1,0	7,4	2,8	33,4	3,6	3,0
8 ^a	21,5	1,6	22,6	5,3	26,5	0,0	40,7	13,7	1,9	3,8	0,9	31,4	2,5	17,0	3,1	0,0
media	30,2	21,0	30,0	20,5	31,7	18,5	38,9	19,7	2,4	64,0	2,5	78,0	3,4	52,0	4,4	35,0

Tabla 7. Demanda química de oxígeno (mg O₂ / L) de los lixiviados obtenidos.

Suelo Calcáreo								Suelo Granítico							
dosis (m ³ / ha)								dosis (m ³ / ha)							
0		30		180		360		0		30		180		360	
valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V
57,7	3,8	58,1	63,2	25,5	28,3	33,5	30,8	38,6	2,6	93,9	20,9	431,5	10,2	2259,5	4
50,1	5,4	78,0	nd	196,0	26,2	952,4	58,2	41,6	46,8	79,1	36,9	347,3	33,6	4171,0	3
64,3	15,8	84,2	8,5	133,5	14,6	377,9	56,1	60,2	43,1	98,7	5,2	208,6	4,0	5423,4	1
38,5	2,6	73,5	47,1	169,8	16,6	2538,9	50,3	52,9	55,3	68,3	29,7	233,8	36,0	5271,0	3
40,8	nd	60,7	34,7	294,5	12,0	1461,2	3,6	59,7	11,7	92,1	3,8	353,2	55,8	5373,1	2
nd	nd	nd	nd	1263,0	15,8	3608,5	8,8	nd	nd	82,0	70,7	866,5	37,6	6688,0	1
16,0	nd	52,0	13,6	756,5	30,0	2204,0	3,2	57,0	24,8	111,5	9,5	1088,0	53,2	12069	3
38,5	9,2	56,0	25,3	1048,5	37,0	2580,0	0,0	69,0	14,3	93,0	7,6	***	***	9226,5	1
43,7	36,1	66,1	18,7	485,9	96,9	1719,5	71,3	54,1	19,9	89,8	14,7	504,1	67,0	6310,2	4

nd: no detectable. ***: no determinado

Tabla 8. Contenido en compuestos fenólicos (mg ác.cafeico/L) de los lixiviados obtenidos.

Suelo Calcáreo								Suelo Granítico							
dosis (m ³ / ha)								dosis (m ³ / ha)							
0		30		180		360		0		30		180		360	
valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V
0,8	9,4	1,4	15,7	0,8	0,0	1,0	22,3	1,5	9,4	2,0	10,9	4,6	26,4	30,6	61
0,6	12,9	0,7	0,0	1,4	15,7	2,3	43,0	1,0	28,3	1,2	6,1	3,7	45,9	28,6	2
0,3	0,0	0,8	28,3	1,2	23,6	2,6	65,3	0,9	8,3	1,4	0,0	2,3	6,1	44,9	35
0,2	47,1	0,2	47,1	0,5	28,3	2,8	5,1	0,7	0,0	1,1	12,9	2,4	23,6	90,1	12
0,3	28,3	0,3	0,0	1,1	12,9	5,0	11,3	1,2	6,1	1,7	8,3	3,3	54,4	156,5	3
0,3	28,3	0,4	20,2	1,7	33,3	10,3	6,2	1,2	11,8	2,1	10,3	6,6	63,7	233,0	4
0,2	0,0	0,3	28,3	2,2	19,3	17,3	31,1	1,1	6,7	1,8	15,7	10,1	35,0	369,4	28
0,2	0,0	0,2	0,0	2,8	15,2	19,4	56,9	1,1	6,7	2,2	3,3	25,8	41,5	364,5	24
0,3	63,0	0,5	80,5	1,5	51,7	7,6	95,6	1,1	22,5	1,7	24,3	7,3	107,6	164,7	86

Tabla 9. Contenido en nitratos (mg NO₃ /L) de los lixiviados obtenidos.

Suelo Calcáreo								Suelo Granítico							
dosis (m ³ /ha)								dosis (m ³ / ha)							
0		30		180		360		0		30		180		360	
valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V
106,5	26,0	***	***	94,9	9,1	60,2	23,5	119,0	13,0	90,1	11,1	47,7	64,8	7,9	2
314,7	8,6	191,8	0,0	38,2	5,7	nd	nd	229,1	5,6	243,5	4,9	83,2	38,6	nd	nd
538,0	6,7	625,1	6,9	82,7	121,6	nd	nd	396,8	12,2	316,9	19,5	111,7	20,5	6,2	nd
634,4	9,4	350,9	34,6	38,1	64,1	nd	nd	249,2	8,7	202,6	0,1	33,8	33,7	nd	nd
381,2	1,9	269,3	33,7	14,0	141,4	nd	nd	179,4	18,3	14nd	15,3	13,0	141,4	nd	nd
206,8	7,2	171,0	31,9	nd	nd	nd	nd	54,3	112,8	58,8	16,5	5,0	141,4	nd	nd
188,6	3,8	151,6	23,3	nd	nd	nd	nd	85,1	8,4	30,5	20,9	nd	nd	nd	nd

154,4 13,5 122,4 16,9 nd nd 1,5 66,0 58,8 1,7 29,3 59,2 nd nd nd
 a 315,6 60,3 268,8 65,2 33,5 112,8 7,7 275,1 171,4 68,6 138,9 76,6 36,8 113,1 1,8 1

nd: no detectable. ***: no determinado

Tabla 10. Índice de germinación (% , relativo al control) de los lixiviados obtenidos.

Nº	Suelo Calcáreo dosis (m ³ / ha)								Suelo Granítico dosis (m ³ / ha)							
	0		30		180		360		0		30		180		360	
	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V	valor	C.V
1 ^a	100,0	0,0	120,0	3,5	116,0	3,7	122,0	7,0	100,0	0,0	98,5	12,2	106,5	6,0	109,5	13,
2 ^a	100,0	0,0	108,0	0,0	97,0	1,5	76,0	1,9	100,0	0,0	119,5	16,0	120,0	5,9	85,0	64,
3 ^a	100,0	0,0	88,5	8,8	86,0	8,2	81,0	24,4	100,0	0,0	117,0	6,0	127,5	15,0	60,0	56,
4 ^a	100,0	0,0	96,0	13,3	93,0	1,5	50,0	42,4	100,0	0,0	111,0	12,7	117,3	17,0	13,3	124,
5 ^a	100,0	0,0	95,5	18,5	92,5	6,9	55,5	8,9	100,0	0,0	111,2	0,6	134,8	3,3	41,7	50,
6 ^a	100,0	0,0	101,5	2,1	73,5	31,7	26,5	8,0	100,0	0,0	99,0	8,9	95,9	13,1	19,0	3,4
7 ^a	100,0	0,0	90,0	6,3	85,5	19,0	29,5	55,1	100,0	0,0	97,3	7,2	96,6	12,0	2,4	141,
8 ^a	100,0	0,0	108,0	14,4	63,0	11,2	8,5	141,4	100,0	0,0	109,6	17,3	72,9	22,9	0,0	0,0
media	100,0	0,0	100,9	10,5	88,3	17,9	56,1	64,8	100,0	0,0	107,9	8,0	108,9	18,5	41,4	97,