



III JORNADAS NACIONALES DE SUELOS DE AMBIENTES SEMIÁRIDOS Y II TALLER NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DIGITAL

ADICIÓN AL SUELO DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA OLIVÍCOLA

Laurent G.C.¹, L. Suñer², J.M. Ottogalli³

¹Dpto Agronomía, Universidad Nacional del Sur. gabriela.laurent@uns.edu.ar

²Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. Buenos Aires. Dpto. Agronomía-UNS

³Dpto. Agronomía-UNS

Los resultados de este trabajo fueron publicados en Acta Horticulturae 1057, nov. 2014.

RESUMEN: El presente estudio se llevó a cabo en laboratorio, con tubos de acrílico donde se colocaron en forma sucesiva los horizontes de suelo, tal como se encuentran en el perfil de suelo. Se aplicaron dosis equivalentes a 0, 20, 40 y 80 Mg ha⁻¹ de alperujo en el horizonte Ap. Todos los tratamientos se sometieron a 4 lavados con agua destilada de 167mm cada uno y se recogieron los extractos de lixiviación de los mismos. Se ha demostrado que la composición catiónica y aniónica de los extractos lixiviados revela la dominancia del Ca²⁺+Mg²⁺, Na⁺ y HCO₃⁻, el pH aumenta a valores cercanos a ocho en todos los tratamientos y la conductividad eléctrica al final del proceso llega a valores de 0,42 dSm⁻¹ para 0 Mg ha⁻¹ y 0,63 dS m⁻¹ para 80 Mg ha⁻¹. Estos resultados no suponen un riesgo de contaminación de las aguas percoladas del perfil. El complejo de intercambio del horizonte Ap sufre por efecto del lavado un proceso de disminución de cationes, en todos los tratamientos, siguiendo la siguientes secuencia Na⁺ > K⁺ > Ca²⁺+Mg²⁺. Los horizontes subyacentes, a medida que aumenta la dosis de alperujo, se enriquece en K⁺. En las dosis evaluadas la aplicación de alperujo al suelo no produjo efectos adversos. El estudio de la dinámica de cationes tanto como solubles e intercambiables en el perfil del suelo motivada por la incorporación de alperujo ha puesto de manifiesto la eficacia del suelo como depurador de sustancias orgánicas.

PALABRAS CLAVE: alperujo, lixiviados, contaminación.

INTRODUCCION

La producción mundial de aceitunas se destina principalmente a la obtención de aceites (90%) y el resto para elaboración de aceituna de mesa (10%). En cuanto al destino de la producción de aceitunas en Argentina, el 65% se dispone para la elaboración de aceite y el 35% para aceituna de mesa. Según el COI, nuestro país se convirtió en el principal productor de aceite de oliva de América del Sur (Matias *et al.*, 2012). La provincia de Buenos Aires tiene un área agroecológica apta para el cultivo del olivo en el Partido de Coronel Dorrego donde el olivo se presenta como un cultivo alternativo de interés. La mayoría de las almazaras emplean el sistema continuo de dos fases produciendo cantidades enormes de residuo, ya que se obtienen aproximadamente 80 toneladas de alperujo de cada 100 toneladas de aceitunas extraídas. En la zona existen cuatro plantas extractoras de aceite de oliva, se estima una producción aproximada de 1500 Mg de aceituna, lo que representaría un total de 1200 Mg de alperujo (Ottogalli, 2017). Este residuo es una mezcla compleja constituida por piel, pulpa y huesos con un alto grado de humedad, es un producto semisólido, de elevado contenido de materia orgánica (≥ 93 %), de naturaleza lignocelulósica y con elevado potencial fitotóxico debido a la presencia de polifenoles. Presenta también un pH ácido (media 5,32), y es esencialmente rico en potasio (K), pobre en fósforo (P), y calcio y magnesio (Ca²⁺ y Mg²⁺). El contenido en nitrógeno (N) es también bajo si se compara con otros residuos y entre los micronutrientes se destaca el hierro (Fe) (Albuquerque *et al.*, 2004). La aplicación del alperujo al suelo determina efectos en las propiedades químicas y estructurales de este ya que produce la inmovilización del N disponible por las plantas, aumenta la salinidad en suelos de tipo Alfisol por desplazamiento del Ca²⁺ y el K⁺ al complejo de cambio y disminuye el Mg²⁺ asequible a las plantas por efecto antagónico con el K⁺ (Paredes *et al.*, 1999). El principal

problema de la aplicación de alperujo es la posible contaminación del suelo y las aguas de infiltración por fenoles y sales, si las cantidades aplicadas exceden la capacidad depuradora del mismo. No obstante el considerable potencial de fertilización de estos residuos, es muy importante, por su contenido en compuesto orgánicos e inorgánicos útiles.

El propósito de este estudio fue establecer la dosis de aplicación más adecuada de alperujo en un suelo Paleudol petrocálcico con el fin de evitar un posible deterioro de la calidad de las aguas por lavado y transporte de soluto, evaluando su eliminación controlada para evitar la contaminación del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se preparó un ensayo de lixiviación en columnas de suelo. Para ello se usaron columnas de acrílico de 50 cm de longitud, 72 mm de diámetro interno y 80 mm de diámetro externo, divididas en secciones de 10 cm para facilitar su posterior estudio. Las mismas se llenaron con muestras disturbadas secas al aire y tamizadas por de 2mm, siguiendo la secuencia y el espesor de los horizontes del suelo. En la Tabla 1 se observan las características físicas y químicas de los horizontes del perfil de suelo y alperujo utilizado. Previo al llenado de las columnas, el alperujo se mezcló completamente con el horizonte Ap (10 cm de profundidad) a razón de 20, 40, y 80 Mg ha⁻¹, cuyas características químicas se presentan en la Tabla 2. Luego se simuló la aplicación de lluvias de acuerdo a la precipitación media del Partido de Coronel Dorrego de 669 mm. Esta lluvia fue distribuida durante cuatro semanas en iguales cantidades de 167 mm cada una y se denominaron L1, L2, L3 y L4. Se utilizó agua destilada para simular la precipitación. En cada uno de cuatro lixiviado de cada columna, se realizaron las determinaciones de cationes y aniones solubles, pH y conductividad eléctrica (CE). Al finalizar el ensayo, las muestras de suelo fueron extraídas de las columnas y secadas al aire. Se determinó capacidad de intercambio catiónico (CIC) y cationes intercambiables en cada uno de los horizontes del suelo. Todas las determinaciones se realizaron según las técnicas recomendadas por el Manual para el Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos Sódicos (Richards, 1977).

Los métodos utilizados para la caracterización del alperujo (Tabla 1) fueron similares a los realizados en suelo, a fin de poseer el mismo patrón de comparación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Después del pasaje de los primeros 167 mm (L1) de lámina de agua, el pH fue cercano a la neutralidad, sin embargo el valor de pH se incrementó en los lixiviados de L2, L3 y L4 de todas las mezclas. El agua percolada en L1, tiene una mayor concentración de sal expresada como C.E., siendo de 1,90 dSm⁻¹ para 80 Mg ha⁻¹ de alperujo y de 1,30 dSm⁻¹ para el testigo (0 Mg ha⁻¹). Los valores alcanzados, al final de los 669 mm aplicados al perfil (L4), son bajos, presentando para el tratamiento de 80 Mg ha⁻¹ (0,63 dSm⁻¹) diferenciándose significativamente del testigo (0 Mg ha⁻¹) (0,42 dSm⁻¹) (Aguirre *et al.* 2014).

Los cationes Ca²⁺ + Mg²⁺ y K⁺, en cada uno de los extractos de lixiviación obtenidos, para una misma lámina de agua aplicada, no presentaron diferencia significativa entre dosis alperujo incorporado al horizonte Ap. El ion Na⁺ en el lixiviado de L3 difiere significativamente entre 0 Mg ha⁻¹ y 80 Mg ha⁻¹. (Aguirre *et al.* 2014).

En el tratamiento de mayor dosis de alperujo, el contenido de Ca²⁺ + Mg²⁺ fue 45 % mayor que el obtenido en las aguas de percolación del suelo sin alperujo, por aplicación de las láminas de 167 (L1) y 334 mm (L2). La concentración de estos elementos en los diferentes volúmenes de agua, para todos los tratamientos, presenta una clara tendencia descendente a lo largo del tiempo. La pendiente del proceso de lixiviado sigue el siguiente orden 80 Mg ha⁻¹ > 20 Mg ha⁻¹ > 40 Mg ha⁻¹ > 0 Mg ha⁻¹. (Aguirre *et al.* 2014).

Tabla 1. Caracterización química del suelo y del alperujo.

Horizonte	Ap	A ₂	Bt	C	Alperujo
Arena	48,4	47,9	43,6	44,9	
Limo	31,1	27,7	23,9	25,6	
Arcilla	20,5	24,4	32,5	29,5	
Materia orgánica	4,8	4	2,5	0,9	86,8
Bases intercambiables					
Ca ²⁺ +Mg ²⁺	13	13,3	18,5	20,34	4,78
Na ⁺	0,92	2	2,1	2,2	1,73
K ⁺	2,66	1,81	2,15	1,14	26,4
CIC	17,1	19,5	24,3	19,3	37,4
PSI	5,38	10,25	8,64	11,39	4,62
C.E. dSm ⁻¹	0,49	0,41	0,3	0,29	19
pH	7,1	7,2	7,5	7,7	6,1
Sales solubles					
Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	4	4	2,9	3,9	18,36
Na ⁺	1,5	1,3	1,2	1,1	7,74
K ⁺	1,5	1,7	0,9	0,7	181,89
Cl ⁻	1,4	1,6	1,2	0,8	9,28
HCO ₃ ⁻	1,7	1,6	1,6	1,6	5,18
SO ₄ ²⁻	0,9	0,7	0,7	0,6	8,01
RAS	1,05	0,95	1,02	0,8	2,55

Bases intercambiables: me/100 g o cmol (+) Kg suelo. C.E. (dS m⁻¹) y pH en suelo en extracto de saturación. Sales Solubles: cationes y aniones solubles en extracto de saturación. CO₃⁼: no detect.

Tabla 2: Características químicas del horizonte Ap con alperujo incorporado en diferentes dosis.

Mezclas	Ap + 20 Mg ha ⁻¹	Ap + 40 Mg ha ⁻¹	Ap + 80 Mg ha ⁻¹
Materia orgánica (%)	4,8	8,7	13,6
pH (extracto)	6,9	6,5	6,3
C.E. (1) dSm ⁻¹	2,12	2,8	4,9
Iones Solubles (me L ⁻¹)			
Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	10,77	13,43	20,69
Na ⁺	2,15	3,26	3,81
K ⁺	4,63	7,19	16,89
HCO ₃ ⁼	4,8	6,85	12,81
Cl ⁻	8,21	11,83	23,05
SO ₄ ⁼	4,99	5,34	7,14
RAS	0,92	1,26	1,18
Cationes intercambiables (cmol(+) kg ⁻¹)			
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	15,93	17,02	18,1
Na ⁺	0,95	1,23	1,17
K ⁺	3,26	3,85	4,91
CIC	20,4	22,8	24,35
PSI	4,66	5,39	4,8

(1) Conductividad eléctrica en extracto de saturación.

El Na^+ es el catión que está en segundo lugar de predominancia, quizás debido a que está más débilmente adsorbido en el complejo de cambio. Como consecuencia de ello su concentración es relativamente alta en la solución del lixiviado. La concentración de Na^+ obtenida en las diferentes láminas de agua percolada, vs la cantidad de Na^+ soluble presente en el perfil con y sin alperujo, da por resultado que en los tratamientos 0 Mg y 20 Mg se pierde aproximadamente en promedio el 95,2%, en cambio en los tratamientos 40 Mg y 80 Mg la pérdida llega al 75% en promedio.

Los valores de K^+ en los extractos de lixiviación fueron similares para los tratamientos de suelo y suelo más alperujo. A medida que aumenta la dosis aplicada al suelo la cantidad lixiviada es menor con respecto a los valores del perfil (Tabla 2), aparentemente el K^+ es retenido sobre la materia orgánica del residuo y el suelo. El K^+ es, en general, el elemento minoritario en las disoluciones de estos suelos, lo cual está relacionado con la menor movilidad geoquímica que presenta este elemento durante el proceso de lixiviado y con la fuerte adsorción a los lugares de cambio, tanto del suelo como a la materia orgánica del alperujo, oponiendo mayor resistencia al paso a la disolución.

A medida que aumenta en el suelo la dosis aplicada de alperujo, la cantidad lixiviada de Cl^- con respecto al contenido soluble inicial del perfil de suelo (Tabla 2) más alperujo disminuye, llegando a un 45% en el tratamiento de 80 Mg ha^{-1} .

En las aguas de lixiviación se observó un exceso de Cl^- (me L^{-1}) anión que formaría pares iónicos en forma de cloruro de sodio, sal fácilmente lavable.

Dado que el Cl^- es muy soluble y prácticamente no presenta reacciones de precipitación y/o solubilización, su patrón de distribución en el suelo está altamente relacionado con el movimiento del agua en el suelo

La alta solubilidad de los sulfatos y su baja interacción con la fase sólida les confiere alta movilidad en el suelo (Gutiérrez Boem, 2006). Se reconoce al proceso de lavado como el principal mecanismo de pérdida de azufre de los sistemas agrícolas

Además, una cantidad considerable de azufre orgánico es también soluble en agua y posible de perderse por lixiviación. En nuestro caso la aplicación de L1 produjo en todos los tratamientos una pérdida considerable de SO_4^{2-} , sin influencia de la cantidad de alperujo incorporado. (Aguirre *et al.* 2014).

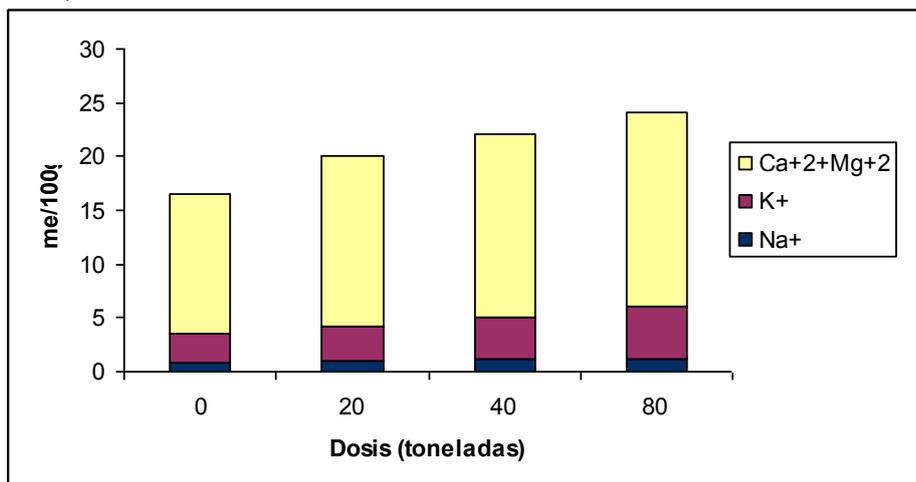


Figura 1. Cationes intercambiables antes (A) del tratamiento del lixiviado. Horizonte Ap

El alperujo es uno de los residuos orgánicos con mayor contenido en potasio, esto determina, como se observa en la Figura 1 que los niveles de este elemento en el horizonte Ap antes del lixiviado (A) se incrementan notablemente con la adición del subproducto. El aumento en la concentración de potasio va acompañado en la misma tendencia por los otros cationes del complejo de cambio.

Luego de la aplicación de 669 mm de lluvia, en el horizonte Ap (D) (Figura 2), se produjo una disminución de la concentración de todos los cationes intercambiables valorados y en mayor

proporción en los tratamientos con dosis de alperujo más elevadas. Los demás horizontes, a medida que aumenta la dosis de alperujo, se enriquecen en K. Los valores de porcentaje de sodio intercambiable (PSI) de los horizontes, luego del lixiviado (Aguirre *et al.*, 2014) resultan sin ningún grado de restricción de uso.

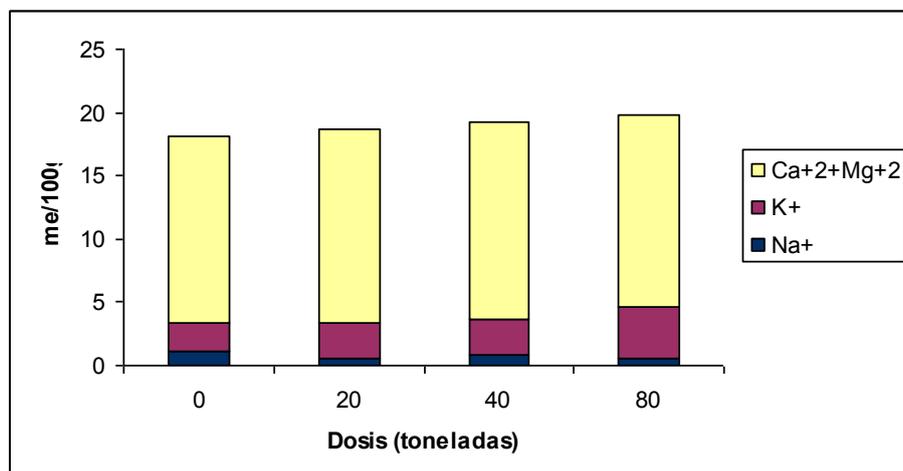


Figura 2. Cationes intercambiables después (D) del tratamiento del lixiviado. Horizonte Ap.

CONCLUSIONES

Se concluye que la aplicación de alperujo al suelo no produjo efectos de contaminación por exceso de sales, cationes ó aniones solubles. El estudio de la dinámica de cationes y aniones, tanto solubles como intercambiables en el perfil del suelo, motivada por la incorporación de alperujo ha puesto de manifiesto la eficacia del suelo como depurador de sustancias orgánicas.

AGRADECIMIENTOS: A la Universidad Nacional de Sur por financiar este proyecto a través del PGI 24 A/188 y al Municipio de Cnel. Dorrego por su colaboración permanente al desarrollo de la olivicultura.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, ME; JM Ottogalli; L Suñer; V Elisei & NJ García. 2014. Evaluation of cation and anion leaching in a soil alter treatment with alperujo. *Acta Horticulturae*. Tomo 1057. Nov. pp 321-328. <http://actahort.org/books/1057/>
- Albuquerque, JA; J González; D García & J Cegarra. 2004. Agrochemical characterization of "alperujo", a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresource Technology*. 91 (2): 195-200.
- Gutiérrez Boem, FH. 2006. Azufre. En: *Materia Orgánica. Valor agronómico y dinámica en suelos pampeados*. R. Alvarez (coordinador). Editorial Facultad de Agronomía 206 p.
- Matías, A; S Molina; V Aybar; J Ladux & J Ortiz. *Olivicultura argentina y regional INTA Catamarca*, Marzo 2012. [INTA.gov.ar/argentina/Olivicultura%20argentina%20y%20regional](http://inta.gov.ar/argentina/Olivicultura%20argentina%20y%20regional) Revisado 3/2/2013.
- Ottogalli, 2017. Trabajo Final de Carrera de Ingeniería Agronómica. Dpto. Agronomía UNS.
- Paredes, C; J Cegarra & A Roig. Sánchez-Monedero, M.A., Bernal, M.P. 1999. Characterization of olive mill wastewater (alpechín) and its sludge for agricultural purposes. *Bioresource Technology* 67: 111-115.
- Richards, LA. (Eds). 1977. *Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos*. Limusa, México. 170 pp