

Reutilización de residuos sólidos y semisólidos del proceso de extracción de aceite de oliva como enmienda orgánica de suelos

Agroindustria / Olivo



ARGENTINA
200 AÑOS DE
INDEPENDENCIA



Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación

Índice de contenidos

Resumen	3
Introducción	4
Residuos del proceso de extracción de aceite de oliva	4
Inconvenientes relacionados al manejo y disposición final	6
Situación provincial	7
Aplicación de residuos olivícolas crudos al suelo de olivares	8
Fundamento	8
Antecedentes internacionales	8
Antecedentes locales	9
Efectos sobre el suelo	9
Efectos sobre el cultivo	10
Recomendaciones para su aplicación	12
Consideraciones sobre implementos que facilitan el proceso de aplicación	13
Criterios de exclusión	13
Compostaje de residuos olivícolas (en redacción)	15
Bibliografía consultada	16

Resumen

La extracción de aceite de oliva es la segunda actividad agroindustrial en importancia en la provincia de San Juan. Anualmente esta industria genera grandes cantidades de residuos sólidos y semisólidos que presentan inconvenientes relacionados a su manejo y disposición final. Por diversos motivos estos residuos son aplicados mayoritariamente al suelo como enmienda orgánica de cultivos de olivos, a pesar de no existir reglamentaciones ni normativas locales al respecto. En este contexto, a partir de datos bibliográficos, normativas extranjeras y resultados de estudios propios, desde la Estación Experimental Agropecuaria San Juan del INTA se eleva este documento con información sobre estos residuos y con recomendaciones referidas a su uso como enmienda orgánica de suelos, ya sea en forma directa, o luego del proceso de compostaje.

Introducción

Residuos del proceso de extracción de aceite de oliva

La extracción de aceite de oliva puede llevarse a cabo mediante el sistema tradicional de prensado o bien mediante métodos continuos por centrifugación de dos o tres fases. Mediante los métodos tradicionales y de tres fases se obtiene, además del aceite, un residuo líquido denominado **alpechín** y un residuo sólido denominado **orujo**, mientras que mediante los métodos de dos fases se obtiene únicamente un residuo semisólido denominado **alperujo** (Figura 1). Se estima que por cada 1000 kg de aceitunas que ingresan a la planta extractora se generan 850 kg de alperujo, si éstas son procesadas mediante tecnologías de dos fases, o 550 kg de orujo y 1 m³ de alpechín, si son procesadas por prensado o centrifugación por tres fases (Roig *et al.*, 2006; Morillo *et al.*, 2009).



Figura 1. Imágenes representativas de Alpechín (Izquierda), Orujo (centro), Alperujo (Derecha).

Todos estos residuos están constituidos por restos de carozo, pulpa y agua de vegetación de aceitunas con un variable contenido de agua adicionada. Dado que son generados exclusivamente por procesos mecánicos pueden ser considerados como productos naturales derivados de la aceituna.

Respecto a su composición química más de un 90% de su peso seco es materia orgánica formada por celulosa, hemicelulosa, lignina, ácidos grasos y un significativo contenido de compuestos fenólicos. En cuanto a su composición elemental, presentan elevados niveles de carbono, potasio, nitrógeno y fósforo. En la **tabla 1** se detallan los principales componentes químicos de los residuos sólidos y semisólidos del proceso de extracción de aceite de oliva.

Tabla 1. Composición química de alpechín, orujo y alperujo (Alburquerque *et al.*, 2004; Roig *et al.*, 2006).

Parámetro	Alpechín (3 fases)	Orujo (3 fases)	Alperujo (2 fases)
Contenido de agua (%)	91-94	38-48	50-75
CE $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	5500-12000	4000-7000	1200-6000
pH	4,2-5,2	4,2-5,7	4,5-6,8
MO (%)	4-6	80-98	80-98
C/N	52-54	41-61	29-59
N ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,6-2,1	7,9-10,5	9,7-18,5
P ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,3-0,7	0,9-1,4	0,3-1,5
K ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	2,4-10,8	7,4-9,8	6,3-29
Contenido graso (%)	1-2	4-6	3-18
Fenoles solubles (ppm)	1000-12000	4000-6000	5000-24000

Inconvenientes relacionados al manejo y disposición final de los residuos sólidos y semisólidos del proceso de extracción de aceite de oliva

Existen diversos factores que inciden en la dificultad para manejar o dar disposición final a estos residuos:

-**Estacionalidad.** La generación de grandes volúmenes de residuos en un período corto de tiempo, que coincide con la molienda y elaboración de aceite, dificulta la disponibilidad de recursos (personal, maquinaria, infraestructura) para su gestión.

-**Pocas alternativas.** Hay pocas alternativas capaces de dar uso a estos residuos en una escala similar a la de su generación.

-**Costos de transporte.** Los costos para transportar los residuos hasta las plantas receptoras son cada vez más altos.

-**Contaminación de aguas.** Debido a su alta carga orgánica y al remanente de aceite que puedan contener, su vertido en cursos de agua está prohibido y su acumulación en superficies no impermeabilizadas puede ocasionar la contaminación de napas poco profundas.

-**Inestabilidad.** Su almacenamiento puede dar lugar a emanación de olores y, a su vez, favorecer la propagación de moscas y otros insectos.

-**Efectos fitotóxicos.** Dosis elevadas aplicadas a cultivos anuales provocan efectos negativos sobre germinación de semillas y crecimiento de plantas jóvenes. Estos efectos están asociados principalmente al contenido de compuestos fenólicos y a la elevada conductividad eléctrica de los residuos.

Situación provincial

En la provincia de San Juan se muelen entre 60.000 y 100.000 t de aceitunas en, aproximadamente, 40 empresas dedicadas a la extracción de aceite de oliva. De acuerdo a un relevamiento realizado durante las campañas 2009 y 2010, se estima que un 90% de las aceitunas son procesadas mediante tecnologías de dos fases y, por consiguiente, el alperujo es el principal residuo a tratar (Monetta *et al.*, 2010).

Para dar disposición final o reutilizar este residuo, los industriales sanjuaninos cuentan con dos alternativas principales: traslado hasta la empresa Olivsan SA (localizada en la ladera Este del Cerrillo Barboza, departamento de Rawson), donde es deshuesado, deshidratado y sometido a una extracción del aceite residual, o traslado hasta el Parque de Tecnologías Ambientales dependiente de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la provincia de San Juan (Calle 5 y Pellegrini, departamento Rivadavia), donde es utilizado en el proceso de compostaje. Por diversos factores, como limitaciones técnicas y operativas de estas plantas y, sobre todo, altos costos de traslado, sólo un porcentaje menor de los residuos generados son tratados por estas vías.

Existen también experiencias individuales en las que estos residuos son utilizados para alimentación animal, secados en playones para ser utilizados como combustible de hornos y calderas, sometidos a procesos de extracción de productos con alto valor agregado o destinados a generación de energía eléctrica; sin embargo, en la mayoría de los casos, son aplicados directamente al suelo como enmienda orgánica de cultivos de olivos, a pesar de no existir reglamentaciones ni normativas locales al respecto.

En este contexto, a partir de datos bibliográficos, normativas extranjeras y resultados de estudios propios, desde la Estación Experimental Agropecuaria San Juan del INTA se extienden las siguientes recomendaciones referidas al **uso de residuos sólidos y semisólidos** del proceso de extracción de aceite de oliva **como enmienda orgánica de suelos**.

Se diferencian dos técnicas independientes:

- **Aplicación de residuos olivícolas crudos al suelo de olivares**
- **Compostaje de residuos olivícolas**

Aplicación de residuos olivícolas crudos al suelo de olivares

Fundamento

Mediante esta práctica los residuos olivícolas son reutilizados en el momento y lugar de su generación o en zonas aledañas, solucionando los problemas ambientales que ocasiona su acumulación y disminuyendo los costos de traslado a plantas de tratamiento. Se intenta replicar el proceso natural ocurrido en el olivar que no se cosecha, en el que el fruto cae al suelo, se descompone naturalmente y se incorpora a la tierra. Considerando que los residuos olivícolas no poseen metales pesados, aditivos químicos ni microorganismos patógenos, su aplicación directa al suelo, en dosis definidas, supone una alternativa para aportar materia orgánica y nutrientes al suelo.

Antecedentes internacionales

Existen numerosos trabajos realizados en los países de la cuenca del mar mediterráneo que manifiestan efectos beneficiosos ocasionados por la aplicación de residuos olivícolas crudos en cultivos de olivos como incremento de materia orgánica, macro y micronutrientes en suelo, mejora de la fertilidad biológica, mayor capacidad de retención de agua y mayor crecimiento vegetativo del cultivo (Lopez-Pineiro *et al.*, 2007; Sierra *et al.*, 2007; Altieri and Esposito, 2008; Kavdir and Killi, 2008; Lopez-Pineiro *et al.*, 2008; Aguilar, 2009). Por otra parte, existen algunos reportes de efectos no deseados ocasionados por la aplicación de residuos olivícolas en forma no controlada, entre los que se destacan incrementos de la salinidad del suelo y efectos fitotóxicos sobre cultivos anuales asociados al incremento en el nivel de compuestos fenólicos presentes en el suelo (DellaGreca *et al.*, 2001).

En este sentido, esta práctica ha sido reglamentada en los principales países productores de aceite de oliva (Real Decreto 04/2011, España; Ley 574/96, Italia). En ambos casos se regulan aspectos críticos como: tipo de suelo, profundidad de agua subterránea, composición del residuo a aplicar, dosis, forma y frecuencia de aplicación, monitoreo posterior del suelo y responsabilidades respecto a los efectos que pudieran ocasionarse.

Antecedentes locales

Se han realizado estudios en distintos establecimientos olivícolas de la provincia de San Juan:

-Empresa Solfrut S.A., La Chimbera, 25 de Mayo, (2009-2010)

-Olivícola Pedernal S.A., Sarmiento; Tío Yamil S.A., Rawson; Argenceres S.A., Sarmiento (2013-2014)

*Trabajo conjunto con la Secretaría de Estado de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Provincia de San Juan.

-Campo experimental del INTA EEA San Juan, Pocito (2010-2015)

En los trabajos internacionales las dosis aplicadas varían entre 10 y 80 t/ha; sin embargo, en los estudios locales, se unificó una dosis de **40 t/ha de alperujo crudo en forma superficial** y se evaluaron parámetros de calidad de suelo y parámetros vegetativos y reproductivos del cultivo. En líneas generales, los resultados son coincidentes entre sí, y coinciden también con los datos bibliográficos de publicaciones extranjeras.

Efectos sobre el suelo

En todos los casos se observaron cambios en parámetros químicos y biológicos de suelo limitados a la capa arable (primeros 20 o 30 cm según el caso); sin embargo no se observaron cambios en los parámetros evaluados en la capa profunda (profundidad mayor a 30 cm) (Figura 2). Esta falta de cambios por debajo de los 30 cm sugiere la baja incidencia de esta práctica sobre capas profundas e implica que el riesgo de contaminación de napas o acuíferos subsuperficiales es menor; por otra parte, considerando que un gran porcentaje de las raíces absorbentes del olivo se encuentran por debajo de los 30 cm, se supone que el aporte de nutrientes para el cultivo es bajo.

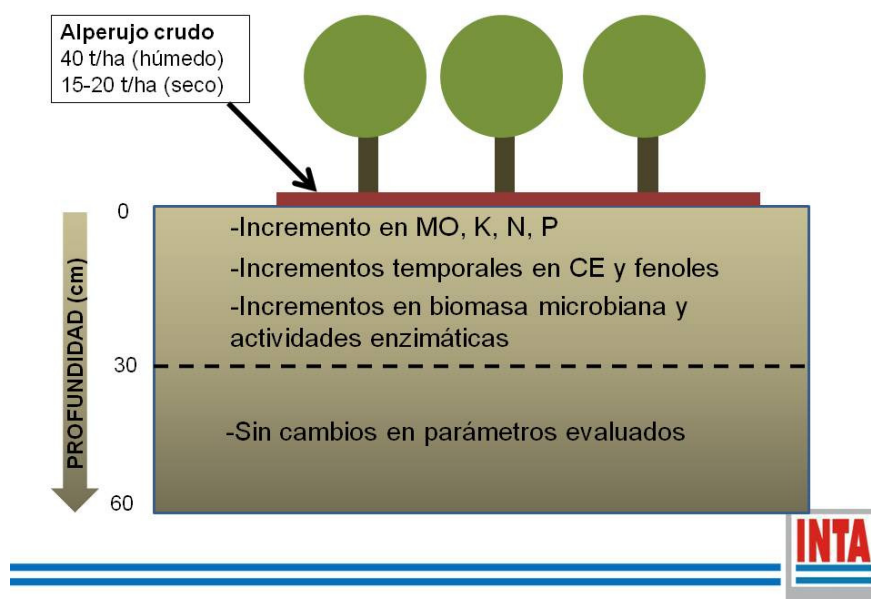


Figura 2. Esquema representativo de la aplicación superficial de alperujo al pie del cultivo de olivos. Se indican los cambios observados en parámetros de suelo, en función de las dos profundidades estudiadas.

En cuanto a los cambios en la capa superficial, se observaron incrementos sostenidos de los niveles de materia orgánica, potasio intercambiable, nitrógeno total y fósforo disponible. Los valores de pH no mostraron variaciones, mientras que los niveles de conductividad eléctrica fueron variables, sobretodo, en los ensayos con suelos arenosos. Sin embargo en ningún caso se alcanzaron valores que supongan un riesgo para el normal desarrollo del cultivo del olivo. En cuanto a los fenoles totales, éstos se incrementaron en el suelo en todos los estudios realizados, pero disminuyeron rápidamente; ya que luego de 60 días desde la aplicación se encontraron valores cercanos a los observados en suelos testigos. El incremento de la biomasa microbiana y la mayor actividad de enzimas asociadas al ciclo de nutrientes en suelo, supone, por un lado, la ausencia de efectos antimicrobianos causados por el incremento de los compuestos fenólicos y, por el otro, una mejora en la fertilidad biológica del suelo (Monetta *et al.*, 2012; Monetta *et al.*, 2014; Lorca *et al.*, 2016; Paroldi, 2016).

Efectos sobre el cultivo

Los efectos sobre el cultivo son menores y a largo plazo. En estudios de aplicación sostenida de residuos olivícolas en cultivos de olivo se evidencian únicamente efectos beneficiosos. Mayor contenido de nutrientes foliares (principalmente K y P), mayor crecimiento vegetativo y efectos

disparos en rendimiento (incremento o ausencia de cambios). No se han observado efectos sobre el rendimiento graso ni sobre la calidad del aceite obtenido. Solamente se han reportado efectos negativos sobre cultivos de olivo en ensayos con dosis de aplicación superiores a 400 t/ha (Barbera, et al 2013). En el único estudio local realizado a largo plazo, donde se aplicó alperujo crudo en dosis de 40 t/ha durante 5 años consecutivos, se observó mayor crecimiento vegetativo, incremento en el contenido de fósforo en hoja y un leve incremento en producción de fruta en comparación con un testigo sin enmendar (Lorca *et al.*, 2016).

En conjunto, estos resultados indican que la aplicación de residuos olivícolas crudos representa una opción sencilla para tratar los residuos generados en el lugar y momento de producción, reducir posibles conflictos ambientales que su inadecuada disposición pueda originar, disminuir costos de traslado a plantas de tratamiento, mejorar las propiedades químicas y biológicas de los suelos y, a largo plazo, reducir el costo en fertilizantes de síntesis química aplicados al cultivo.

Recomendaciones para su aplicación

-**Momento de aplicación.** Se recomienda que la aplicación se realice en forma inmediata luego de la generación. De esta manera se evitan acumulaciones prolongadas que pueden producir malos olores o proliferación de insectos y además se minimizan las labores de carga y descarga.

-**Dosis.** La dosis de aplicación no debe superar 40 t/ha/año (peso húmedo). El espesor de la lámina aplicada en ningún sector debe ser superior a los 10 cm.

-**Forma de aplicación.** La aplicación del alperujo crudo debe ser superficial. Una vez seco puede ser incorporado al suelo mediante rastra de discos (en este caso, se debe tener precaución en que la labor no sea muy profunda a fin de evitar el daño sobre raíces superficiales).

-**Alternar el lote.** Si bien no se han observado efectos negativos, se recomienda no aplicar dos años seguidos sobre un mismo lote con el fin de permitir una mayor degradación y mineralización de la materia orgánica aplicada.

-Puede ser aplicado **al pié del cultivo o en el espacio interfilar** (Figura 3). Se debe considerar que la incorporación de la materia orgánica y los nutrientes al suelo se realizan vehiculizados por el agua de riego, si ésta no toma contacto con el alperujo la incorporación de nutrientes al suelo será menor. En este sentido, en un olivar con riego presurizado, la aplicación de residuos en el espacio interfilar no tendrá mayores efectos positivos.



Figura 3. Imágenes representativas de aplicación de alperujo crudo al suelo de olivares al pié del cultivo (izquierda y centro) y en el espacio interfilar (derecha).

-Se recomienda **aplicar el residuo en los lotes ya cosechados** a fin de disminuir el ingreso de maquinaria y/o personal a los sectores enmendados mientras el material esté fresco.

-Exclusivo para olivo. Estas recomendaciones son exclusivas para cultivos de olivos en producción. En caso de que se quiera aplicar en otros cultivos deberían conducirse ensayos exploratorios.

-Monitoreo del suelo. Antes de la aplicación de la enmienda y seis meses luego de la aplicación, se recomienda realizar un monitoreo del suelo tomando muestras en la zona de exploración radicular del cultivo: a definir según tipo de riego, edad del cultivo, cultivar y perfil textural del suelo. El análisis debería incluir la determinación de pH, conductividad eléctrica, materia orgánica disponible, nitrógeno total, fósforo disponible y potasio intercambiable. Estas determinaciones permitirán por un lado conocer el aporte nutricional de la enmienda al suelo, y por otro llevar un control de la conductividad eléctrica del suelo enmendado. Valores superiores 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que podrían ir en detrimento de la productividad del cultivo.

Consideraciones sobre implementos que facilitan el proceso de aplicación

-Carro aplicador. Para la aplicación se requiere el uso de carros o cisternas, preferentemente, dotados de tornillo sinfín, bombas o sistema volquete que permitan distribuir el residuo de manera rápida y uniforme. La adición del agua de lavado proveniente de las centrifugas verticales incrementa la fluidez del producto y facilita su distribución.

-Separación pulpa/hueso. El uso de separadoras pulpa/hueso es recomendado pero no excluyente. Al separar el hueso se obtiene por un lado un producto estable que puede ser comercializado o utilizado en procesos posteriores, en paralelo se incrementa la humedad y fluidez de la pasta resultante facilitando su aplicación.

-Tolvas de acopio temporal. La existencia de tolvas para el acopio temporal de alperujo aportan flexibilidad al proceso de distribución, permitiendo almacenar los residuos generados mientras el/los carro/s está en el cultivo.

Criterios de exclusión

-Profundidad de napas. A pesar de que no se hayan detectado efectos sobre capas profundas, no se recomienda aplicar en zonas donde la profundidad de la napa freática sea menor a 2 m. En todo caso quedará a criterio del organismo de control.

-Distancia a captación de agua para consumo humano. No se recomienda su aplicación en lotes que se encuentren a menos de 50 m de pozos o tomas de agua para consumo humano.

-Distancia a núcleos urbanos. Si el alperujo es aplicado siguiendo las recomendaciones aquí descritas, no debería emanar olores ni ser un medio para propagación de insectos, de todos modos, no se recomienda su aplicación en lotes que se encuentren a menos de 100 m de núcleos urbanos.

Compostaje de residuos olivícolas

En redacción...



Bibliografía consultada

Aguilar, M.J. (2009). Olive oil mill wastewater for soil nitrogen and carbon conservation. *J Environ Manage* 90, 2845-2848.

Albuquerque, J.A., Gonzalez, J., Garcia, D., and Cegarra, J. (2004). Agrochemical characterisation of "alperujo", a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresour Technol* 91, 195-200.

Altieri, R., and Esposito, A. (2008). Olive orchard amended with two experimental olive mill wastes mixtures: effects on soil organic carbon, plant growth and yield. *Bioresour Technol* 99, 8390-8393.

DellaGreca, M., Monaco, P., Pinto, G., Pollio, A., Previtiera, L., and Temussi, F. (2001). Phytotoxicity of low-molecular-weight phenols from olive mill waste waters. *Bull Environ Contam Toxicol* 67, 352-359.

Kavdir, Y., and Killi, D. (2008). Influence of olive oil solid waste applications on soil pH, electrical conductivity, soil nitrogen transformations, carbon content and aggregate stability. *Bioresour Technol* 99, 2326-2332.

Lopez-Pineiro, A., Albarran, A., Nunes, J.M., and Barreto, C. (2008). Short and medium-term effects of two-phase olive mill waste application on olive grove production and soil properties under semiarid mediterranean conditions. *Bioresour Technol* 99, 7982-7987.

Lopez-Pineiro, A., Murillo, S., Barreto, C., Munoz, A., Rato, J.M., Albarran, A., and Garcia, A. (2007). Changes in organic matter and residual effect of amendment with two-phase olive-mill waste on degraded agricultural soils. *Sci Total Environ* 378, 84-89.

Lorca, A., Bueno, L., and Monetta, P. (2016). Parámetros vegetativos y productividad de un olivar luego de cinco años de aplicación sostenida de residuos olivícolas como enmienda de suelo. Tesis de grado, UNSJ, San Juan.

Monetta, P., Bueno, L., Cornejo, V., González-Aubone, F., and Babelis, G. (2012). Short-term dynamics of soil chemical parameters after application of alperujo in high-density drip-irrigated olive groves in Argentina. *International Journal of Environmental Studies* 69, 578-588.

Monetta, P., Ibáñez, A., Fernández-Gnecco, G., Avila, A.D.V., Medina, E., Paroldi, E., Toro, M.E., and Vazquez, F. (2014). Preliminary Results of Soil Biological and Chemical Properties after Land Spreading Alperujo in Intensively-Managed Olive Orchards in San Juan, Argentina. *Acta Horticulturae* 1057, 693-700

Monetta, P., Vallejo, M., Cornejo, V., and Gines, L. (2010). Caracterización del alperujo generado en la Provincia de San Juan. In: *Jornadas de Ciencia, Técnica y Creación*. Universidad Nacional de San Juan, vol. 1, San Juan, Argentina: UNSJ, 1-3.

Morillo, J.A., Antizar-Ladislao, B., Monteoliva-Sanchez, M., Ramos-Cormenzana, A., and Russell, N.J. (2009). Bioremediation and biovalorisation of olive-mill wastes. *Appl Microbiol Biotechnol* 82, 25-39.

Paroldi, E. (2016). Efectos de la utilización de residuos olivícolas como enmienda orgánica sobre la calidad biológica y fisicoquímica de suelos cultivados con *Olea europea* L. en San Juan. Tesis doctoral, UNCuyo, Mendoza.

Roig, A., Cayuela, M.L., and Sanchez-Monedero, M.A. (2006). An overview on olive mill wastes and their valorisation methods. *Waste Manag* 26, 960-969.

Sierra, J., Marti, E., Garau, M.A., and Cruanas, R. (2007). Effects of the agronomic use of olive oil mill wastewater: field experiment. *Sci Total Environ* 378, 90-94.