

## RESPUESTA DEL OLIVO, CV. 'ARBEQUINA', A LA APLICACIÓN DE COMPOST Y TÉ DE COMPOST DE ALPERUJO

Ana Lilia Alurralde <sup>1\*</sup>, Agustín Alesso <sup>2,3</sup>, Norberto Gariglio <sup>2,3</sup>, Silvia Imhoff <sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Catamarca.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral.

<sup>3</sup> Instituto de Ciencias Agropecuarias del Litoral, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Universidad Nacional del Litoral.

### RESUMEN

La industria del olivo genera grandes volúmenes de residuos con un impacto negativo sobre el medio ambiente. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del compost y té de compost de alperujo sobre el crecimiento y rendimiento del olivo, cv. 'Arbequina', así como su forma de aplicación. El ensayo se realizó en el Departamento Pomán, Catamarca, Argentina, durante 4 años. Se evaluó la aplicación al suelo de compost de alperujo (AS), y tratamientos foliares de un té de compost (AL) obtenido a partir del AS, en comparación con un tratamiento control (C). Estos tratamientos se aplicaron en un lote regado y en otro fertirrigado con AL. Se evaluó el crecimiento de los ramos del año y la evolución de la sección transversal del tronco, contenido de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio foliar; número, tamaño y volumen de los frutos. Los datos se analizaron ajustando un modelo mixto jerárquico con años como bloques aleatorios y los factores Lote y Tipo de fertilización como efectos fijos. Este último se anidó dentro de la interacción Riego:Año. La aplicación de AS y AL repercutió favorablemente en la concentración foliar de N (+17,3 y 24,8%, respectivamente), mientras que el P foliar fue incrementado en un 30,0% por el AS en la parcela con riego. El crecimiento de los ramos del año fue promovido por el AS (+56,2%) en la parcela con riego, mientras que el rendimiento de los frutos aumentó en respuesta al fertirriego con AL, entre el 68,2 y 83,8% según el abono adicional utilizado.

**Palabras clave:** *Olea europaea*, fertilización orgánica, reciclaje, fertilidad.

## RESPONSE OF THE OLIVE, CV. 'ARBEQUINA', TO THE APPLICATION OF COMPOST AND COMPOST TEA FROM OLIVE MILL WASTE

### ABSTRACT

The olive industry generates a large amount of residues with a negative impact on the environment. The aim of this research was to evaluate the effect of solid compost and compost tea from olive mill waste and their method of application on the growth and yield of olive cv. 'Arbequina'. The experiment was carried out in the Poman Department, Catamarca province, Argentina, for four years. Treatments were the application to the soil of compost from olive mill waste (solid compost, AS), foliar application of compost tea obtained from AS (compost tea, AL), and the control (C). These treatments were applied in an irrigated plot and in a fertigated plot with AL. Shoot growth, nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium foliar content, and the size and number of fruits per plant were evaluated. Data were analyzed with a hierarchical mixed model, with years as random blocks and the factors plot and fertilization type as fixed effects. The latter was nested into an irrigation:year interaction. Solid compost and AL application improved foliar N content (+17.3 and 24.8%, respectively), whereas the P foliar concentration under irrigation was increased by 30%. Shoot growth was increased up to 56.2% by AS under irrigation, whereas fruit yield increased in response to AL fertigation (68.2 to 83.8%), depending on the additional organic manure treatment.

**Keywords:** *Olea europaea*, organic fertilization, recycling, fertility.

\* Autor de contacto:  
ani2animal@gmail.com

Recibido:  
26-09-22

Recibido con revisiones:  
29-04-23

Aceptado:  
29-04-23

## INTRODUCCIÓN

Al olivo (*Olea europaea* L.) se lo vincula con las virtudes de su aceite sobre la salud humana (Álvarez, 2017) particularmente por sus efectos favorables contra varias enfermedades (Zipori et al., 2022), pero también con los volúmenes de residuos que la industria acumula y su impacto negativo sobre el medio ambiente, aspecto que ha sido evaluado e investigado por numerosos autores (de Bustos y Montalván, 2018; López Piñeiro et al., 2011). La existencia de diferentes alternativas de gestión de los residuos, la posibilidad de compostaje y sus variantes, su utilización como enmienda y su efecto sobre el suelo (Cabrera et al., 2009), la posible fitotoxicidad sobre el cultivo (Pinho et al., 2017), son algunos aspectos a considerar en su tratamiento y utilización. Sin embargo, es escasa la bibliografía sobre los efectos que tiene el compost (AS) o el té de compost (AL) de alperujo sobre la nutrición, crecimiento y rendimiento de los frutales.

El aporte de fertilizantes es determinante para el crecimiento y desarrollo de los cultivos y sobre su rendimiento. Los principios de manejo de la fertilización en las buenas prácticas agrícolas se basan en asegurar el balance entre la oferta y demanda de nutrientes, sus fuentes, momentos y formas de aplicación, conservando la biodiversidad del suelo (Andrade et al., 2017).

La remediación de estos problemas es lenta y requiere de un conjunto de medidas técnicas, socioculturales y económicas. El desafío debe ser incrementar la productividad minimizando la pérdida de nutrientes (Echeverría y García, 2015), para lo cual se deben implementar prácticas de manejo sustentables en armonía con el ambiente. Estas prácticas, indefectiblemente deben contemplar la conservación y los aportes de materia orgánica (MO) al suelo, indicador indiscutible de la calidad de los mismos (Wilson, 2017). El aporte de abonos orgánicos mantiene o aumenta el contenido de materia orgánica del suelo, contribuye a la reposición de nutrientes, asegura una buena actividad biológica y mejora las propiedades físicas, entre otros muchos beneficios (Álvarez y Rimski Korsakov, 2016).

Además del beneficio sobre el suelo, algunos autores hacen referencia a experiencias positivas con la utilización de compost de alperujo en cultivos de ciclo corto, como raigrás (*Lolium multiflorum* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y acelga (*Beta vulgaris* L.) (Killi y Kavdir, 2013). Como ejemplo, en olivares cultivados en la cuenca mediterránea se constató que la aplicación de 4 a 6 Mg ha<sup>-1</sup> por año de compost de alperujo, durante 16 años continuos mejoró la condición de fertilidad del suelo (García Ruiz et al., 2012). En contraposición, en otras experiencias se observó que, si bien los compost de alperujo podían satisfacer los requerimientos nutricionales de algunas especies, no necesariamente aumentaron los rendimientos (Cruz Hernández, 2009). Sin embargo, estudios más recientes demostraron mejoras en el rendimiento, la calidad de la fruta, y el aceite de oliva a mediano plazo (Pinho et al., 2017; Proietti et al., 2015).

En cuanto a los productos orgánicos líquidos, ya sea lixiviados, extractos, o té de compost, no es tan común su utilización en la agricultura convencional. Existen algunas referencias sobre utilización de estos abonos líquidos en aspersiones foliares, aunque más orientadas a medidas sanitarias que nutritivas (Allahyari et al., 2015; St. Martin 2014).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del AS y AL sobre el crecimiento y rendimiento de olivares, así como su forma de aplicación.

## MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en la empresa olivarera Frutos del Norte S.A., situada en el departamento Pomán, Provincia de Catamarca (28°16'5,96"S; 66°15' 30,82"O; altitud: 889 msnm), y a 160 km de San Fernando del Valle de Catamarca. El Departamento Pomán se encuentra en la provincia fitogeográfica del Monte; se caracteriza por un clima cálido a templado y árido con una media anual de 20-23°C, un balance hídrico deficitario con lluvias principalmente estivales y torrenciales, promediando los 200 mm anuales (Morlans y Guichon, 1995).

Los suelos son pobres en materia orgánica y susceptibles a la erosión eólica, caracterizados como Torrifluvent típicos (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, [SAGyP], 1990). El tipo de unidad cartográfica es complejo, y su limitación principal es la pedregosidad. La vegetación predominante es de estepa arbustiva abierta, xerófila, caracterizada por la dominancia de jarillas (género *Larrea*) (Morlans y Guichon, 1995).

El suelo del lote seleccionado presenta textura franco-arenosa a arenoso-franca con gravas y gravillas, ligeramente salino (2- 4 dS m<sup>-1</sup>), no sódico (RAS <13), muy fuertemente alcalino (>9), pobre en MO (0,5-1%), con

baja concentración de nitrógeno (0,075-0,125%), media de fósforo (5-10 ppm), y muy buena concentración de potasio ( $2,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ); estos nutrientes disminuyen abruptamente a partir de los 17 cm de profundidad. Posee una superficie de 8 ha con olivos del cultivar 'Arbequina' de 15 años de edad, en un marco de plantación de 6 x 2 m, con manejo orgánico y mecanizado (riego por goteo, y poda y cosecha mecánica). Se utilizó AS y AL, obtenidos del compostaje de alperujo y resto de podas de olivares de acuerdo a lo descrito por Alurralde et al. (2021). La caracterización físico-química del AS revela un producto de pH alcalino ( $9,2 \pm 0,8$ ), con moderada salinidad ( $2,2 \pm 1,09 \text{ dS m}^{-1}$ ), rico en carbono (C) orgánico ( $45,8 \pm 6,5 \%$ ), nitrógeno (N) ( $3,08 \pm 1,18\%$ ), potasio (K) ( $1,70 \pm 0,51\%$ ) y fósforo (P) ( $0,44 \pm 0,16\%$ ), buena relación C/N ( $16,4 \pm 4,5$ ), muy alta actividad biológica expresado en microgramos de diacetato hidrolizado por gramo de suelo seco por hora ( $> 1 \mu\text{g g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) y densidad aparente ( $0,53 \pm 0,09 \text{ g cm}^{-3}$ ). El AL, o te de compost, se obtuvo sumergiendo AS en agua a temperatura ambiente con agitación, en una proporción de agua, y se lo clasificó como moderadamente salino ( $0,73 \pm 0,23 \text{ dS m}^{-1}$ ), moderadamente alcalino ( $8 \pm 0,51$ ) y con muy alta actividad biológica ( $> 1 \mu\text{g g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ).

### Diseño del ensayo

Se dividió un lote homogéneo en dos sectores iguales de 4 ha cada uno. A uno de ellos se le aplicó riego (solo agua), denominándolo "Lote R", mientras que al otro se le aplicó fertirriego con AL, denominándolo "Lote FR". En cada uno de los sectores se establecieron 3 tratamientos: sin abono (control, C), con AS (aplicación al suelo) y con AL (pulverización foliar). De esta manera quedaron conformados 6 tratamientos. T1: Control R (Riego); T2: AS (Riego); T3: Pulverización foliar con AL (Riego); T4: Control FR (Fertirriego con AL); T5: AS (Fertirriego con AL); T6: Pulverización foliar con AL (Fertirriego con AL) (Tabla 1).

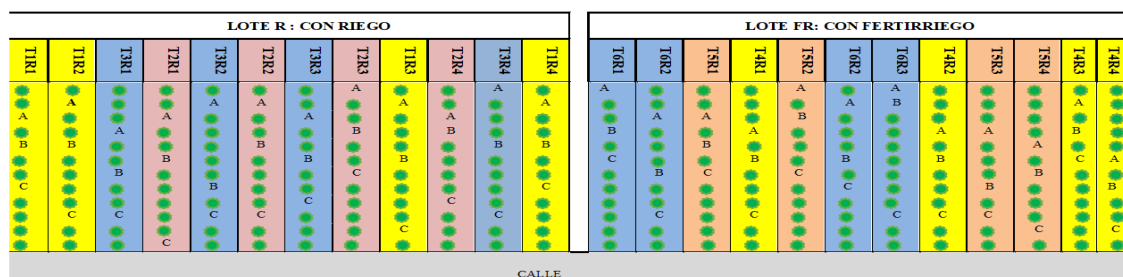
**Tabla 1.** Tratamientos según tipo de abono orgánico y forma de aplicación en olivo, cv. 'Arbequina'. Frutos del Norte S.A., Catamarca.

**Table 1.** Treatments of organic manure and methods of application in olive, cv. 'Arbequina'. Frutos del Norte S.A., Catamarca province.

Tratamiento	Tipo de Fertilización	Lote
T1	Control R	
T2	Abono Sólido	Con Riego (R)
T3	Pulverización Foliar con Abono Líquido	
T4	Control FR	
T5	Abono Sólido	Con Fertirriego de
T6	Pulverización Foliar con Abono Líquido	Abono Líquido (FR)

En cada lote (R y FR) se sortearon los tratamientos con 4 repeticiones y se distribuyeron a lo largo de las hileras de plantación, tomando doce plantas por tratamiento. En cada hilera/repeticón se seleccionaron al azar tres plantas (A, B y C) a las cuales se les realizaron las mediciones de crecimiento y rendimiento. Para las mediciones nutricionales (NPK foliar) se tomaron muestras de toda la unidad experimental por tratamiento (12 plantas) (Figura 1). El ensayo se repitió durante 4 campañas, 2014/15, hasta 2017/18.

Las aplicaciones de AS al suelo fueron de 3 kg por planta, en otoño-invierno. Se realizó en un lateral de la hilera de plantación alternando de lado en cada año. Se utilizó una surcadora que profundiza 15 cm, incorpora y tapa el abono. Las pulverizaciones foliares de AL en la planta se realizaron sin dilución, a razón de 2 litros por planta, cuatro veces por campaña en setiembre/octubre, es decir, 8 litros por planta y por año. El AL aplicado por fertirriego se distribuyó cada 7 días entre setiembre y febrero, utilizando alrededor de 2 litros por planta y por aplicación, lo que representó 48 litros de AL por planta y por año.



**Figura 1.** Diseño del ensayo de aplicación de abonos orgánicos al olivo, cv. 'Arbequina', en la empresa Frutos del Norte S.A., Pomán, Catamarca. T1: control R (riego), repeticiones R1 a R4; T2: AS (riego); T3: pulverización foliar de AL (riego); T4: control FR (fertirriego de AL), repetición (R1 a R4); T5: AS (fertirriego con AL); T6: pulverización foliar de AL (fertirriego con AL). A, B y C: Plantas seleccionadas para mediciones de crecimiento. AS: abono sólido (compost de alperujo); AL: abono líquido (té de compost derivado de AS).

**Figure 1.** Trial design for organic manures application to olive crop, cv. 'Arbequina'. Frutos del Norte S.A., Pomán, Catamarca province. T1: control R (irrigation), repetition (R1 to R4); T2: AS (irrigation); T3: AL foliar spraying (irrigation); T4: control FR (AL fertigation); T5: AS (AL fertigation); T6: AL foliar spraying (AL fertigation). A, B and C: plants selected for growth measurements. AS: solid compost; AL: liquid control (compost tea from AS).

En función de esto, y la composición de los abonos (Alurralde et al., 2021) los aportes de AS en los tratamientos correspondientes de N-P-K, fueron: 77,5 kg N, 4,8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 34,8 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. En el caso del AL solo se consideró el aporte de K<sup>+</sup> ya que los niveles de N y P son muy bajos; en las pulverizaciones foliares se aportó 0,56 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, y por fertirriego 4 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. No se puede dejar de mencionar la importante carga microbiana que aportan estos abonos (Alurralde et al., 2021).

En el último año de ensayo (2018) la finca prácticamente perdió toda la producción. Existieron severos problemas energéticos en la provincia, por lo que el riego fue insuficiente. Además, las condiciones climáticas fueron muy desfavorables, registrándose días con muy altas temperaturas (45 a 48°C) entre octubre y noviembre, con alternancia de bajas temperaturas (5 a 11,5°C), lo que no es normal para la zona de producción. También se dio la presencia de fuertes vientos zonda que desencadenaron caída de flores; todo esto sumado al efecto de vecería propia del olivo, por lo que en dicho período las variables de crecimiento y rendimiento no pudieron ser evaluadas. Situaciones similares son frecuentes en Medio Oriente y han sido descritas por algunos autores, entre otros Bustan et al. (2013).

### Variables evaluadas

#### Crecimiento vegetativo y reproductivo

Cada año se seleccionaron cuatro ramas fructíferas (brote del año) por planta (planta A, B y C), identificándolas con una cinta. Sobre cada rama se midió su longitud con cinta métrica, se contó el número de frutos, se midió la longitud ecuatorial y longitudinal de los frutos con la utilización de un calibre digital y se calculó el volumen de fruto con la fórmula  $(3/4 \times 3,1416 \times \text{long. transversal} \times (\text{long. ecuatorial})^2)$ . También se midió el perímetro del tronco con cinta métrica flexible a 30 cm del suelo y se calculó el área de la sección transversal del tronco (ASTT) con la fórmula  $ASTT = 3,1416 \times ((\text{Perímetro} / (4 \times 3,1416))^2)$ , desde octubre a marzo.

#### Estado Nutricional

En febrero de cada año se tomaron muestras foliares, después del endurecimiento del carozo, para determinar nitrógeno, fósforo y potasio. Las muestras se tomaron respetando el diseño experimental planteado, extrayendo unas 250 hojas, tomadas al azar, de ramas con fruto y representando los cuatro puntos cardinales. Las hojas seleccionadas provenían del estrato medio del brote del año. Se tomaron las hojas completas con pecíolo y sin la yema axilar, se almacenaron en bolsas de papel etiquetadas y en una conservadora hasta el envío al laboratorio (Bueno, 2009). Los nutrientes que se analizaron fueron: N por digestión húmeda con ácido sulfúrico y destilación (%) (Malavolta et al., 1989; Red INTA de Laboratorios de Suelo, Agua y Material Vegetal [RILSAV], 2014), P por digestión húmeda con ácido nítrico y perclórico, y espectrofotometría (%) (Malavolta et al., 1989; RILSAV, 2014) y K por digestión húmeda con ácido nítrico y perclórico y fotometría de emisión (%) (Malavolta et al., 1989; RILSAV, 2014). En este caso no se realizaron determinaciones por planta sino por unidad experimental.

### Rendimiento:

Al final de cada estación de crecimiento se cosechó manualmente y se pesó la producción de cada planta. También se determinó en laboratorio el peso de 100 frutos con balanza de precisión, discriminando por separado el peso del carozo extraído con descarozador manual. Por diferencia entre el peso del fruto y el del carozo se determinó el peso de la pulpa y se calculó la relación pulpa/carozo, por triplicado.

### **Diseño experimental**

Para el análisis se consideró un modelo jerárquico donde se establecieron dos tratamientos principales sin y con AL en el riego (Lote R y Lote FR) conformando el factor Lote. En cada uno de estos tratamientos principales se planificaron los tratamientos con AS, con AL y el control (sin agregado de abono) denominándose factor Tipo de fertilizante.

Al factor Lote se le aplicó un diseño de bloques completamente aleatorizados (DBCA) donde el efecto Año actuaría como factor de bloque aleatorio. Luego, dentro de cada interacción Año:Lote se considera el factor Tipo de fertilizante como un diseño completamente aleatorizado, donde el fertilizante se aplicó a unidades experimentales más chicas delimitadas dentro de cada parcela principal.

Los datos se analizaron ajustando un modelo mixto jerárquico con años como bloques aleatorios y los factores Lote y Tipo de fertilización como efectos fijos. Este último se anidó dentro de la interacción Lote:Año. Se evaluaron los supuestos de normalidad y homogeneidad, y se ajustaron modelos con heterogeneidad de varianza. La significancia de los efectos principales e interacción se evaluó mediante el análisis de la varianza con sumas de cuadrados marginales y se compararon las medias de los tratamientos mediante la prueba de Tukey. En todos los casos se consideró un nivel de significancia de 10%.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Crecimiento vegetativo y reproductivo**

Se observó un mayor crecimiento de los ramos en el lote R, asimismo los datos estadísticos revelaron diferencias significativas entre tratamientos (interacción Lote:Tipo de fertilizante,  $p: 0,0537$ ). La mayor longitud de los ramos del año ocurrió en T2 (2,39 cm), que se diferenció respecto a T1 y T3.

Por su parte, en el lote FR se observaron crecimientos menores y no se reflejaron diferencias por el tipo de fertilización (Tabla 2).

En los resultados de evolución de la ASTT no se encontró interacción. Sin embargo, al contrastar las medias de crecimiento de tronco entre los lotes R y FR se observaron incrementos del 150% en el control, 383% para AS, y 111% con la pulverización foliar de AL en el lote FR. Por su parte, los promedios marginales arrojaron diferencias significativas por el tipo de fertilización ( $p:0,0172$ ) (Tabla 2). La Figura 2 muestra con mayor claridad el efecto del tipo de abono orgánico sobre la evolución de la ASTT, destacándose la aplicación de AS con el mayor crecimiento anual ( $0,15 \text{ cm}^2$ ), diferenciándose respecto al control. La pulverización con AL se ubicó en un valor intermedio, sin diferencias respecto a los tratamientos extremos.

### **Cantidad, peso, volumen y relación pulpa/carozo de los frutos**

El fruto del olivo es un gran sumidero de NPK, por lo que la cantidad y la calidad de la fruta influyen directamente sobre el equilibrio mineral suelo:planta, particularmente en ambientes áridos, al considerar las restricciones hídricas y los riesgos de salinidad (Bustan et al., 2013).

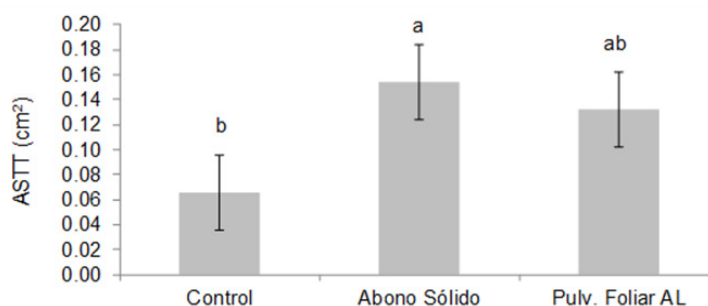
**Tabla 2.** Efecto de diferentes abonos orgánicos derivados del orujo de olivo, y de su forma de aplicación, sobre el crecimiento de los ramos del año y la evolución de la sección transversal del tronco (ASTT) en olivos, cv. 'Arbequina'. Frutos del Norte S.A. Catamarca. Campañas 2015-2018.

**Table 2.** Effect of different organic manures obtained from olive mill waste and its methods of application on annual shoot growth and the evolution of the trunk cross-sectional area (ASTT) in olive crop, cv. 'Arbequina'. Frutos del Norte S.A. Catamarca province. Data from four years of experimentation (2015-2018).

Trat.	Tipo de fertilización	Lote	Crec. ramo (cm)	Crec. tronco (ASTT, cm <sup>2</sup> )
T1	Control R	R	1,53 ± 0,49 b	0,04 ± 0,02 a
T2	AS	R	2,39 ± 0,49 a	0,06 ± 0,02 a
T3	Pulv. Foliar de AL	R	1,22 ± 0,49 b	0,09 ± 0,02 a
T4	Control FR	FR	1,15 ± 0,46 A	0,10 ± 0,02 A
T5	AS	FR	1,21 ± 0,46 A	0,29 ± 0,02 A
T6	Pulv. Foliar de AL	FR	0,98 ± 0,46 A	0,19 ± 0,02 A
	<i>Efecto lote</i>		0,4623	0,5255
<i>p-valor</i>	<i>Efecto tipo de fertilización</i>		0,6085	0,0172*
	<i>Inter. lote:tipo de fertilización</i>		0,0537*	0,1860

Referencias: Letras diferentes según tratamiento denotan diferencias significativas para Test de Tukey ( $p < 0,10$ ). Letras minúsculas para el lote R y mayúsculas para el lote FR. AS: abono sólido; AL: abono líquido. T1: control con riego; T2: AS con riego; T3: pulverización foliar con AL y riego; T4: control con fertirriego (FR) de AL; T5: AS con FR de AL; T6: pulverización foliar con AL y FR de AL.

References: Different letters according to treatment show significant differences according to Tukey's Test ( $p < 0.10$ ). Lowercase letters correspond to the R batch and uppercase letters for the FR batch. AS: solid compost; AL: compost tea. T1: control with irrigation; T2: AS with irrigation; T3: foliar spraying with LA and irrigation; T4: control with AL fertigation (FR); T5: AS with AL FR; T6: foliar spraying of AL and AL FR.



**Figura 2.** Efecto del tipo de abono orgánico sobre el crecimiento anual de la sección transversal del tronco (ASTT, cm<sup>2</sup>) (promedios marginales) en olivos, cv. 'Arbequina'. Comparación entre control, Abono Sólido aplicado al suelo, y Pulverización foliar con té de compost (Pulv. Foliar AL). Frutos del Norte S.A., Catamarca. Campañas 2015-2018. Letras diferentes según tratamiento denotan diferencias significativas para Test de Tukey ( $p < 0,10$ ).

**Figure 2.** Effect of different organic manures obtained from olive mill waste and its methods of application on the annual evolution of the trunk cross-sectional area (ASTT, cm<sup>2</sup>) (marginal averages) of the olive crop cv. 'Arbequina'. Comparison between control, application of solid compost to soil (Abono Sólido), and foliar spraying with compost tea (Pulv. Foliar AL). Frutos del Norte S.A., Catamarca province. Data from four years of experimentation (2015-2018). Different letters according to treatment show significant differences according to the Tukey Test ( $p < 0.10$ ).

En promedio se observaron 4 frutos por ramo del año, con un tamaño y un volumen medio por fruto de 1,5 g y 5,4 mL, respectivamente; además, se obtuvo una relación pulpa/carozo de 3,7. Estas variables no mostraron diferencias significativas ni entre los tratamientos ni en las interacciones (Tablas 3 y 4). Los resultados son similares a los obtenidos por Proietti et al. (2015), quienes no observaron diferencias en las variables evaluadas luego de tres años de aplicación de orujo de aceituna y compost de orujo de aceituna en olivos. Se debe considerar que el tamaño de fruto no es un parámetro importante para la industria del aceite, en cambio, sí lo es la cantidad y calidad de pulpa (Champredonde et al., 2018), y en definitiva el rendimiento y calidad de aceite (Zipori et al., 2022).

**Tabla 3.** Efecto del tipo de abono orgánico y de su forma de aplicación, sobre el peso de 100 frutos y el volumen del fruto de olivos, cv. 'Arbequina'. Frutos del Norte S.A., Catamarca. Campañas 2015-2018.

**Table 3.** Effect of organic manure obtained from olive mill waste and its methods of application on fruit weight and volume of olive, cv. 'Arbequina'. Frutos del Norte S.A. Catamarca province. Data from four years of experimentation (2015-2018).

Trat.	Tipo de fertilización	Lote	Peso 100 frutos (g)	Vol. Fruto (cm <sup>3</sup> )
T1	Control R	R	170,6 ± 36,0	4,7 ± 0,6
T2	AS	R	179,1 ± 36,0	6,4 ± 0,6
T3	Pulv. Foliar de AL	R	160,5 ± 36,0	5,2 ± 0,6
T4	Control FR	FR	154,7 ± 36,0	5,5 ± 0,6
T5	AS	FR	149,4 ± 36,0	5,9 ± 0,6
T6	Pulv. Foliar de AL	FR	149,9 ± 36,0	5,0 ± 0,6
	Efecto lote		0,1637	0,4138
p-valor	Efecto tipo de fertilización		0,7070	0,3473
	Inter. lote:tipo de fertilización		0,1957	0,2607

Referencias: No se observaron diferencias significativas entre tratamientos según el Test de Tukey  $p < 0,10$ . AS: abono sólido; AL: abono líquido. T1: control con riego; T2: AS con riego; T3: pulverización foliar con AL y riego; T4: control con fertirriego (FR) de AL; T5: AS con FR de AL; T6: pulverización foliar con AL y FR de AL.

References: No significant differences were observed among treatments according to for Tukey's Test  $p < 0,10$ . AS: solid compost; AL: compost tea. T1: control with irrigation; T2: AS with irrigation; T3: foliar spraying with AL and irrigation; T4: control with fertigation (FR) of AL; T5: AS with RF of AL; T6: foliar spraying with AL and FR of AL.

Los resultados de esta investigación se basan en un periodo corto (4 años de aplicación), por lo tanto, más datos experimentales podrían ser necesarios para confirmar los efectos de la aplicación de compost y té de compost sobre las propiedades del suelo y el desarrollo del cultivo a largo plazo. Fernández Hernández et al. (2014) recién al sexto año de aplicación de compost de orujo de aceituna, contrastando con fertilización inorgánica y un control, observaron mejoras significativas en las propiedades fisicoquímicas de la fruta e incrementos del 15% en el contenido de aceite, manteniendo su composición y calidad.

**Tabla 4.** Efecto del tipo de abono orgánico, y de su forma de aplicación, sobre la relación pulpa/carozo y el número de frutos por rama en el olivo, cv. 'Arbequina'. Frutos del Norte S.A. Catamarca. Campañas 2015-2018.

**Table 4.** Effect of different organic manure obtained from olive mill waste compost, and its methods of application, on the pulp/pit ratio and the number of fruits per branch. Frutos of the Norte S.A. Catamarca province. Data from four year of experimentation (2015-2018).

Trat.	Tipo de fertilización	Lote	Pulpa/Carozo	Nº Frutos/Rama
T1	Control R	R	4,0 ± 0,4	4,3 ± 0,6
T2	AS	R	4,0 ± 0,4	3,5 ± 0,6
T3	Pulv. Foliar de AL	R	3,8 ± 0,4	3,1 ± 0,6
T4	Control FR	FR	3,7 ± 0,4	5,1 ± 0,6
T5	AS	FR	3,4 ± 0,4	4,8 ± 0,6
T6	Pulv. Foliar de AL	FR	3,6 ± 0,4	4,1 ± 0,6
	Efecto lote		0,5707	0,4746
p-valor	Efecto tipo de fertilización		0,1566	0,3290
	Inter. lote:tipo de fertilización		0,4708	0,8639

Referencias: No se observaron diferencias significativas entre tratamientos según el Test de Tukey ( $p < 0,10$ ). AS: abono sólido; AL: abono líquido. T1: control con riego; T2: AS con riego; T3: pulverización foliar con AL y riego; T4: control con fertirriego (FR) de AL; T5: AS con FR de AL; T6: pulverización foliar con AL y FR de AL.

References: No significant differences were observed among treatments according to Tukey's Test ( $p < 0,10$ ). AS: solid compost; AL: compost tea. T1: control with irrigation; T2: AS with irrigation; T3: foliar spraying with AL and irrigation; T4: control with fertigation (FR) of AL; T5: AS with RF of AL; T6: foliar spraying with AL and FR of AL.

**Estado nutricional: NPK foliar**

El análisis químico de las hojas de un cultivo permite detectar desequilibrios nutritivos con anterioridad a que aparezcan síntomas de deficiencia o toxicidad. Las concentraciones deseables o suficientes de los macronutrientes han sido establecidas para el olivo con valores de N: 1,5-2,0%; P: 0,1-0,3% y K >0,8% (Fernández Escobar, 2000). Estos valores fueron utilizados como indicadores para evaluar los resultados de las muestras del ensayo, y así determinar el nivel de deficiencia, suficiencia o toxicidad.

De todos los elementos nutritivos, el N es el único que no se encuentra presente en la roca madre del suelo, es un nutriente esencial para el crecimiento y rendimiento de los cultivos, requerido en grandes cantidades, por lo que se considera la base de la fertilización de los cultivos (Coskun et al., 2017). Los niveles de N foliar se encontraron por encima del umbral para el olivo según Fernández Escobar (2000), y sin mostrar diferencias significativas entre tratamientos ni con las interacciones ( $p:0,3447$ ) (Tabla 5). En experimentos a largo plazo se observó que las aplicaciones de N cuando el contenido foliar de este elemento se encuentra próximo al umbral de suficiencia no influyeron sobre el rendimiento del olivo (Bustan et al., 2013). Teniendo en cuenta que los valores obtenidos en Catamarca estuvieron entre un 47 a 108% por encima del umbral, se puede considerar que este elemento no actuó como limitante para el ensayo.

**Tabla 5.** Comparación de medias del efecto de diferentes abonos orgánicos y de su forma de aplicación, sobre el contenido foliar de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en olivos, cv. 'Arbequina'. Frutos del Norte S.A. Catamarca. Campañas 2015-2018.

**Table 5.** Means comparison of the effect of different organic manures obtained from olive mill waste compost and their methods of application, on the foliar content of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) in olive trees, cv. 'Arbequina'. Frutos del Norte S.A. Catamarca province. Data from four years of experimentation (2015-2018).

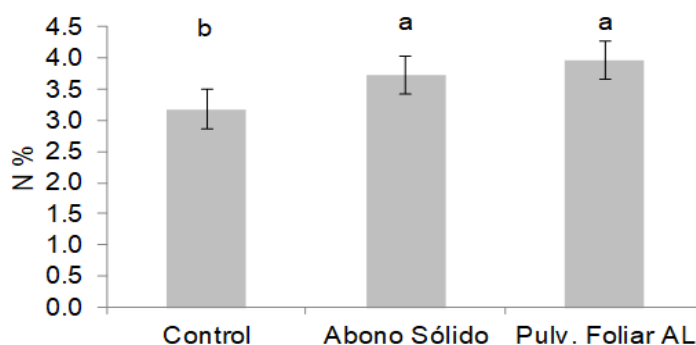
Trat.	Tipo de fertilización	Lote	N (%)	P (%)	K (%)
T1	Control R	R	2,94 ± 0,43 a	0,10 ± 0,02 b	0,94 ± 0,05 a
T2	AS	R	3,75 ± 0,43 a	0,13 ± 0,02 a	0,92 ± 0,05 a
T3	Pulv. Foliar AL	R	3,77 ± 0,43 a	0,08 ± 0,02 c	0,96 ± 0,05 a
T4	Control FR	FR	3,42 ± 0,43 A	0,09 ± 0,02 A	0,94 ± 0,05 A
T5	AS	FR	3,71 ± 0,43 A	0,10 ± 0,02 A	0,95 ± 0,05 A
T6	Pulv. Foliar AL	FR	4,17 ± 0,43 A	0,09 ± 0,02 A	0,98 ± 0,05 A
	Efecto lote		0,5043	0,4645	1,0000
p-valor	Efecto tipo de fertilización		0,0217*	0,0962*	0,5738
	Inter lote:tipo fertilización		0,3447	0,0019*	0,8418

Referencia: Letras diferentes denotan diferencias significativas según el Test de Tukey ( $p<0,10$ ). Letras minúsculas para el lote R y mayúsculas para el lote FR. AS: abono sólido; AL: abono líquido. T1: control con riego; T2: AS con riego; T3: pulverización foliar con AL y riego; T4: control con fertirriego (FR) de AL; T5: AS con FR de AL; T6: pulverización foliar con AL y FR de AL.

References: Different letters show significant differences according to the Tukey's Test ( $p<0.10$ ). Lowercase letters for the R batch and uppercase letters for the FR batch. AS: solid compost; AL: compost tea. T1: control with irrigation; T2: AS with irrigation; T3: foliar spraying with LA and irrigation; T4: control with AL fertigation; T5: AS with AL fertigation; T6: foliar spraying of AL and FR of AL.

Al contrastar las distintas formas de aplicación de los abonos, o sea el "efecto tipo de fertilización", se encontraron diferencias significativas ( $p:0,0217$ ) (Tabla 5; Figura 3). Se observó un incremento entre 17,3% y 24,8% en el contenido de N foliar cuando se aplicó AS al suelo y AL por pulverización foliar, respectivamente, en comparación al control.





**Figura 3.** Efecto del tipo de abono orgánico sobre el contenido de nitrógeno (N) foliar (%) (promedios marginales) en el olivo, cv. 'Arbequina'. Frutos del Norte S.A., Catamarca. Campañas 2015-2018. Control (sin abono), Abono Sólido aplicado al suelo, y Pulverización foliar de té de compost (Pulv. Foliar AL). Frutos del Norte S.A. Catamarca. Letras diferentes denotan diferencias significativas según el Test de Tukey ( $p < 0,10$ ).

**Figure 3.** Effect of different organic manures from olive mill waste compost and their methods of application, on the foliar nitrogen (N) content (%) (marginal averages) in the olive crops, cv. 'Arbequina'. Frutos del Norte S.A., Catamarca province. Data from four year of experimentation (2015-2018). Control (without fertilizer), Solid Compost (Abono Sólido) applied to the soil, and Foliar Spraying of compost Tea (Pulv. Foliar AL). Frutos del Norte S.A. Catamarca province. Different letters show significant differences according to the Tukey Test ( $p < 0,10$ ).

El P juega un importante papel en la fotosíntesis, respiración de las plantas y formación de órganos de reproducción. Por ser constituyente de moléculas clave, como por ejemplo nucleoproteínas, su función fundamental es la transferencia de energía en la planta, consumiéndose buena parte en la floración y cosecha (Gros y Domínguez Vivancos, 1992). El P es el elemento nutritivo menos móvil en el suelo, y generalmente se encuentra poco disponible, e.g., en suelos alcalinos. Sin embargo, los resultados del contenido de P foliar del olivo en este ensayo (Tabla 5) comprueban el efecto positivo del abono, mostrando diferencias entre tratamientos ( $p = 0,0019$ ) con los mejores valores en T2, que se diferenciaron estadísticamente de T1 y T3 en el lote R; mientras que en el lote FR, los tratamientos no mostraron diferencias. Estos resultados prueban que la aplicación de AS al suelo provoca un efecto positivo en la disponibilidad de P obteniéndose niveles suficientes para este cultivo (0,1-0,3%) (Fernández Escobar, 2000).

El K también es requerido en grandes cantidades por la planta, ya que cumple un importante rol en la regulación osmótica, transporte de azúcares y otras múltiples funciones fisiológicas, además de tener un efecto positivo en términos de calidad, calibre, peso y firmeza de los frutos (Guerrero Polanco et al., 2017). Los niveles de K foliar en todo el tiempo del ensayo y tratamientos se encontraron dentro del rango de suficiencia ( $K > 0,8\%$ ; Fernández Escobar, 2000) y no se observaron diferencias entre los tratamientos (Tabla 4), al igual que en las experiencias de Fernández Hernández et al. (2014). A pesar de que el olivo es un gran consumidor de K, en general su respuesta al abonado potásico suele ser incierta y aleatoria en función de la variedad, de las reservas del suelo y el consumo del cultivo (Gros y Domínguez Vivancos, 1992; Restrepo Díaz et al., 2008).

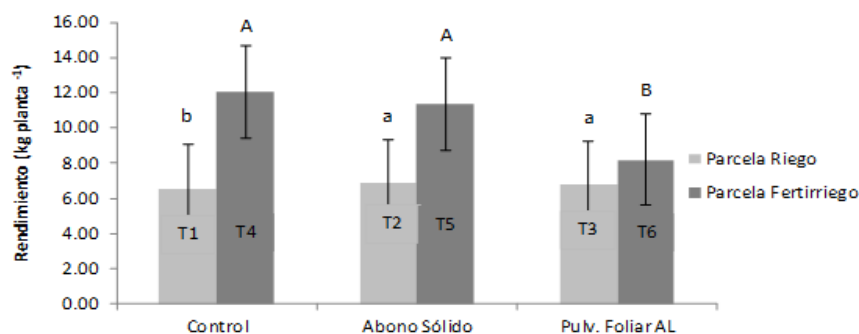
Los frutos en el olivo contienen importantes cantidades de K, llegando a representar hasta el 60% del total de la planta (López Villalta, 1996), y su movilidad es estacional y muy dinámica (Bustan et al., 2013). Al evaluar el rendimiento (abordado más adelante) los tratamientos abonados con AS y AL en forma conjunta obtuvieron las mejores producciones del experimento por lo que es de esperar que, debido a su movilidad, el elemento se haya translocado hacia los frutos (Zipori et al., 2022) sin que se modifique sustancialmente el contenido foliar (Bustan et al., 2013; Mengel y Kirkby, 2000). Es así que algunos autores (Haberman et al., 2019) consideran que los análisis foliares de K para cultivos de olivos intensivos deben reconsiderarse, ya que el umbral de suficiencia utilizado no acompaña a la realidad, por lo que sugieren integrar información en el contenido de K en fruta y la disponibilidad de K en suelo.

### Rendimiento

El uso de fertilizantes minerales en la agricultura ha aumentado significativamente los rendimientos de los cultivos, sin embargo, los fertilizantes inorgánicos también producen un impacto ambiental y ecológico negativo con su uso excesivo y/o inadecuado (Walling y Vaneekhaute, 2020). Dado que el uso de estos fertilizantes fácilmente disponibles da como resultado beneficios a corto plazo, para poder minimizar sus efectos negativos es apremiante reemplazarlos por una fertilización sustentable que garantice rendimien-

tos similares (Ozores Hampton et al., 2011). La utilización de la fertilización orgánica puede mejorar la calidad del suelo de forma sostenida en el tiempo, aumentando el nivel de carbono orgánico, liberando lentamente los nutrientes e incrementando los rendimientos de los cultivos (Fernández Delgado et al., 2022; Peltoniemi et al., 2021), tendencias que también fueron observadas en nuestros ensayos.

El rendimiento por planta mostró diferencias significativas entre los tratamientos (interacción Lote:Tipo de fertilizante,  $p:0,0038$ ) y la forma de aplicación (efecto Tipo de fertilizante,  $p:0,0050$ ). En la Figura 4 se pueden observar rendimientos muy superiores en el Lote FR respecto al lote R, con incrementos de 83,8% en T4 respecto a T1; 66,2% de T5 respecto a T2 y 21,1% entre T6 y T3.



**Figura 4.** Efecto del tipo de abono orgánico y de su forma de aplicación sobre el rendimiento (kg planta<sup>-1</sup>) en el olivo, cv. 'Arbequina'. Frutos del Norte S.A., Catamarca. Campañas 2015-2018. Letras diferentes denotan diferencias significativas según el Test de Tukey ( $p<0,10$ ). Letras minúsculas para el lote R y mayúsculas para el lote FR. AS: abono sólido; AL: abono líquido. T1: control con riego; T2: AS con riego; T3: pulverización foliar con AL y riego; T4: control con fertirriego (FR) de AL; T5: AS con FR de AL; T6: pulverización foliar con AL y FR de AL.

**Figure 4.** Effect of different organic manures obtained from olive mill waste and their methods of application, on fruit yield (kg plant<sup>-1</sup>) of olive crop, cv. 'Arbequina'. Frutos del Norte S.A., Catamarca province. Data from four years of experimentation (2015-2018). Different letters show significant differences according to the Tukey Test ( $p<0.10$ ). Lowercase letters for the R batch and uppercase letters for the FR batch. AS: solid compost; AL: compost tea; T1: control with irrigation; T2: AS with irrigation; T3: foliar spraying of AL and irrigation; T4: control with AL fertigation; T5: AS with AL fertigation; T6: foliar spraying with AL and FR of AL.

El impacto favorable sobre el rendimiento del AL aplicado por fertirriego es sencillo de explicar cuando se compara T4 con T1 (Controles) ya que T1 no presenta agregado de abonos. Igualmente, cuando se compara T3 con T6, ya que el aporte de elementos minerales de AL por vía foliar es muy escaso en la parcela de riego (T3). Sin embargo, T4 presentó el mismo rendimiento que T5 a pesar de que los mayores aportes nutricionales corresponden a este último tratamiento debido a la aplicación conjunta de AS y AL. Por otro lado, no hubo respuesta a la aplicación de AS al suelo ni a la aplicación foliar de AL en la parcela bajo riego, siendo que AS posee una más completa composición mineral N-P-K en comparación con AL (Aluralde et al., 2021). Por otro lado, el requerimiento de un olivo adulto con una producción de 50 kg pl<sup>-1</sup> ronda los 0,75 kg pl<sup>-1</sup> de N, 0,2 kg pl<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, y 0,75 kg pl<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Domínguez Vivancos, 1993; Ferreira et al., 1986; Tombesi, 2018), valores que no son cubiertos por los aportes de abonos orgánicos aplicados en este ensayo teniendo en cuenta las dosis utilizadas y la composición de los mismos (Aluralde et al., 2021). Estas evidencias hacen suponer que el aumento en el rendimiento del olivo producido por la fertirrigación de AL, y la mejora de los contenidos foliares de N y P provocados por AS y AL, no sean consecuencia directa de un mayor aporte de nutrientes.

En base a lo anterior, es de esperar que los beneficios de la fertirrigación con AL sean consecuencia de otros factores, como el fraccionamiento de los aportes, la mejora de las condiciones físico-químicas del suelo, y el aporte microbiano, entre otros, o a una compleja combinación de los mismos.

Así, existen numerosos trabajos en los que se observaron incrementos en los rendimientos al fraccionar la fertilización, ya sea inorgánica u orgánica (Pibars et al., 2015), debido a la eficiencia de fertilización y de agua adaptándose a las condiciones del lugar (Zipori et al., 2020). Los requerimientos nutricionales de los árboles se modifican a través del tiempo en función de su fenología y productividad y en base a ello se debe adecuar el programa de fertilización, tal como Hidalgo et al. (2011) estableció para olivos en plena producción. De este modo, el fraccionamiento de los aportes de fertilizantes como también el fertirriego permiten contemplar estos cambios en la demanda del cultivo debidos a la fenología y optimizar el aprove-

chamiento de los fertilizantes y enmiendas, de tal forma que los nutrientes estén disponibles en sincronía con las necesidades de la planta (Ahmad et al., 2016). Un efecto similar se produciría por la característica de los abonos orgánicos de generar una liberación lenta y progresiva de los nutrientes, o su capacidad para solubilizar el fósforo y otros elementos del suelo (Van Beilen, 2016), particularmente en situaciones de suelos alcalinos/calcareos (Undurraga Díaz, 2018).

Por otro lado, los abonos orgánicos producen mejoras en las propiedades del suelo logrando incrementos de rendimiento en hortalizas de entre 2 y 570% (Álvarez y Rimski Korsakov, 2016). La influencia positiva de la materia orgánica sobre la estructura del suelo y con ello sobre la aireación, retención y aprovechamiento del agua de riego, regulación del pH y disponibilidad de nutrientes, capacidad de intercambio catiónico, quelación de micronutrientes y mejor desarrollo radicular, son aspectos importantes que favorecen el comportamiento de los cultivos (Escobar Escobar, 2019; Fernández y Moreno, 2000). Es así que el aporte continuo de enmiendas orgánicas logra mejorar la calidad del suelo y el rendimiento de los cultivos de manera sostenida en el tiempo (Fernández Delgado et al., 2022).

Además de lo mencionado, los suelos que han sido enriquecidos con abonos orgánicos tienden a presentar una mayor diversidad de bacterias, hongos micorrízicos y nematodos (Escobar Escobar y Mora Delgado, 2019), siendo los tés de compost y de lombricompost los más promocionados en este aspecto (Bonillo et al., 2015). La comunidad microbiana del suelo juega un papel relevante en el flujo de energía, la transformación y reciclaje de nutrientes, e influye directamente en la fertilidad y productividad de los suelos, ampliando la disponibilidad de nutrientes y atenuando el efecto de las enfermedades sobre las plantas (Escobar Escobar y Mora Delgado, 2019). Entre las comunidades microbianas que promueven los abonos orgánicos, se deben destacar especialmente los fijadores libres de N atmosférico (Escobar Escobar y Mora Delgado, 2019).

De este modo, debido a la dinámica y los aportes directos e indirectos de la MO en el suelo sobre la nutrición mineral, muchas veces el comportamiento de la planta, y del olivo en particular, se hace difícil de interpretar (Fernández Hernández et al., 2014; Sierra Bernal, 2003), como en parte sucede en este trabajo con el efecto del AL aplicado a través del fertirriego.

Los frutales presentan un balance o equilibrio entre el crecimiento vegetativo y el reproductivo (Bustan et al., 2013), de modo que una alta carga de frutos inducirá un crecimiento vegetativo retardado, tal cual se puede observar en este ensayo, donde el lote FR presentó los mayores rendimientos (Figura 4), pero los crecimientos de ramos más bajos (Tabla 2). Los ciclos de crecimiento vegetativo y reproductivo se dan de manera simultánea, por lo que se presentan una serie de interacciones competitivas entre sumideros (brotes, frutos, raíces y yemas) (Mengel y Kirkby, 2000). El orden de prioridad en la partición de los fotoasimilados son las semillas y los frutos, los ápices en crecimiento, las hojas, las raíces, y finalmente los órganos de almacenamiento. Estos ciclos no solo se ven afectados por factores endógenos sino por factores exógenos, tales como la disponibilidad de nutrientes y agua, las condiciones edafoclimáticas y el manejo agronómico (Beyá Marshall y Fichet, 2017). Por otro lado, la carga de frutos es uno de los factores más influyentes en el fenómeno de la alternancia del olivo (Lavee, 2007; Mengel y Kirkby, 2000).

## CONCLUSIONES

La aplicación de AS y AL en olivares por el lapso de cuatro años repercutió favorablemente en la concentración de N y P foliar, en el crecimiento de los ramos fructíferos y en el rendimiento del olivo, cv. 'Arbequina'. La mejora del rendimiento se observó en los lotes de fertirriego con AL, que al contrastarlos con los lotes con riego presentaron incrementos entre 66 y 84% según el abono adicional utilizado. La aplicación foliar de AL no modificó el comportamiento general de la planta, mientras que la calidad de los frutos no fue afectada por los tratamientos de riego o de fertilización.

## REFERENCIAS

- Ahmad, A. A., Radovich, T. J. K., Nguyen, H. V., Uyeda, J., Arakaki, A., Cabdy, J., Paull, R., Sugano, J. & Teves, G. (2016). Use of organic fertilizers to enhance soil fertility, plant growth, and yield in a tropical environment. En: M. L. Larramendy & S. Soloneski (Eds). *Organic Fertilizers. From basic concepts to applied outcomes*. : 85-108. <http://dx.doi.org/10.5772/62529>
- Allahyari, H., Ahangar, A. G., Ravizi, S. B. & Sattari, A. (2015). The process of production compost tea and its usage in agriculture: a review. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 4(2), 71-176. <http://ijfas.com/wp-content/uploads/2015/03/171-176.pdf>
- Alurralde, A. L., Imhoff, S., Gariglio, N. y Barbier Albers, A. (2021). Caracterización de abonos sólidos y líquidos derivados del compostaje

- de alperujo y restos de poda de olivares. *Ciencia del Suelo (Argentina)*, 39(1), 94-111. <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v39n1/1850-2067-cds-39-01-94.pdf>
- Álvarez, C. R. y Rimski Korsakov, H. (2016). Producción orgánica en Argentina. Legislación y principios del manejo de la fertilidad de suelos en producciones orgánicas. En: C. R. Álvarez y H. Rimski Korsakov (Eds), *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos*. Editorial Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. :5-14. [https://www.ciaorganico.net/documypublic/126\\_libro\\_fertilidad\\_de\\_suelos-pvo\\_isbn.pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/126_libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf)
- Álvarez, M. J. (2017). Los estudios científicos que demuestran los beneficios del aceite de oliva para la salud impulsan sus ventas. Canales sectoriales. Interempresas media. <https://www.interempresas.net/Produccion-Aceite/Articulos/195453-estudios-cientificos-que-demuestran-beneficios-aceite-oliva-salud-impulsan-ventas.html>
- Andrade, F., Taboada, M., Lema, D., Echeverría, H., Posse, G., Prieto Garra, D., Sánchez, E., Ducasse, D., Bogliani, M., Gamundi, J. C., Frana, J., Trumper, E., Fava, F., Perotti, E. y Mastrángelo, M. (2017). *Los desafíos de la agricultura argentina. Satisfacer las futuras demanda y reducir el impacto ambiental*. Ediciones INTA. Buenos Aires. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/lib\\_desafiosagricultura\\_2017\\_online\\_b.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/lib_desafiosagricultura_2017_online_b.pdf)
- Beyá Marshall, V. & Fichet, T. (2017). Effect of crop load on the phenological, vegetative and reproductive behavior of the 'Frantoio' olive tree (*Olea europaea* L.). *Ciencia e Investigación Agraria*, 44, :43-53. <http://dx.doi.org/10.7764/rcia.v44i1.1653>.
- Bonillo, M., Filippini, M. y Lipinski, V. (2015). *Efectos de abonos orgánicos foliares: té de compost, té de lombricompost y supermagro en la productividad en cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.)*. Trabajo completo. Memorias del v congreso latinoamericano de agroecología. La Plata, Argentina. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/52669/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&is](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/52669/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&is)
- Bueno, L. (2009). *Uso del análisis foliar en olivos, una herramienta importante*. EEA San Juan INTA. [http://inta.gob.ar/documentos/analisis-foliar-en-olivos/at\\_multi\\_download/file/Muestreo%20foliar%20-%2020LB.pdf](http://inta.gob.ar/documentos/analisis-foliar-en-olivos/at_multi_download/file/Muestreo%20foliar%20-%2020LB.pdf).
- Bustan, A., Avni, A., Yirmeyahu, U., Ben-Gal, A., Rivov, J., Erel, R., Zipori, I. & Dag, A. (2013). Interactions between fruit load and macroelement concentrations in fertigated olive (*Olea europaea* L.) trees under arid saline conditions. *Scientia Horticulturae*, 152, 44-55. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.01.013>
- Cabrera, A., Cox, L., Fernández Hernández, A., García Ortiz Civantos, C. & Cornejo, J. (2009). Field appraisalment of olive mills solid waste application in olive crops: Effect on herbicide retention. *Agriculture, Ecosystems and Environmen*, 132, 260-266. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.04.006>
- Champredonde, M., Cendón, M., Tedesco, L., Lupin, B., Pérez, S., Cincunegui, C. y Roldán, C. (2018). Aceite de oliva del Sudoeste Bonaerense: ¿hacia la construcción de una Marca Colectiva Territorial ?. *Visión Rural*, 125, 40-41. <http://nulan.mdp.edu.ar/3134/1/champredonde-et-al-2018.pdf>
- Coskun, D., Britto, D. & Shi, W. (2017). Nitrogen transformations in modern agriculture and the role of biological nitrification inhibition. *Nature Plants*, 3, 17074. <https://doi.org/10.1038/nplants.2017.74>
- Cruz Hernández, J. (2009). *Valoración agronómica de compost y vermicompost de alperujos mezclados con otros residuos agrícolas, efecto como enmiendas sólidas y líquidas*. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia España]. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Departamento de Producción Vegetal. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/6564>
- de Bustos, M. y Montalván, D. (2018). Situación actual del residuo de la extracción de aceite de oliva: Características del alperujo. En: E. de Bustos, A. L. Alurralde y A. Hammann (Eds), *Experiencias de uso del alperujo como abono en la provincia de Catamarca*. INTA Ediciones. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/cartilla\\_digital\\_alperujo\\_20-03-2018.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/cartilla_digital_alperujo_20-03-2018.pdf)
- Domínguez Vivancos, A. (1993). *Fertirrigación*. Mundi-Prensa Libros S.A. Publicado 1996, Madrid.
- Echeverría, H. y García, F. (2015). *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. (2° Edición). Ediciones INTA, Buenos Aires.
- Escobar Escobar, N. y Mora Delgado, J. (2019). Actividad microbiana y calidad de abonos orgánicos de residuos agrícolas. En: J. Mora Delgado, A. C. Silva Parra y N. Escobar Escobar (Eds.), *Bioindicadores en suelos y abonos orgánicos*. Ibagué, Universidad del Tolima. :83-99. <https://library.co/document/ky68d17z-bioindicadores-en-suelos-y-abonos-organicos.html>
- Fernández Delgado, M., Amo Mateos, E. del, Lucas, S., García Cubrero, M. T. & Coca, M. (2022). Liquid fertilizer production from organic waste by conventional and microwave-assisted extraction technologies: Techno-economic and environmental assessment. *Science of The Total Environment*, 806(4),150904. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150904>
- Fernández Escobar, R. (2000). Fertilización. En: D. Barranco, R. Fernández Escobar y L. Rallo (Eds.). *El cultivo del olivo* (pp. 245-265). Editorial Mundi-Prensa. España.
- Fernández Hernández, A., Roig, A., Serramiá, N., García Ortiz Civantos, C. & Sánchez Monedero, M. (2014). Application of compost of two-phase olive mill waste on olive grove: Effects on soil, olive fruit and olive oil quality. *Waste Management*, 34 (7), 1139-1147. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.03.027>.
- Fernández, J. E. & Moreno, F. (2000). Water Use by the olive tree. *Journal of Crop Production*, 2, 101-162. [https://doi.org/10.1300/J144v02n02\\_05](https://doi.org/10.1300/J144v02n02_05)
- Ferreira, J., García Ortiz, A., Frías, L. & Fernández, A. (1986). Los nutrientes N, P, K en la fertilización del olivar. *Olea*, 17, 141-152. [file:///C:/Users/USER/Downloads/Boletin\\_INIA\\_45.pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Boletin_INIA_45.pdf)
- García Ruiz, R., Ochoa, M. V., Hinojosa, M. B. & Gómez Muñoz, B. (2012). Improved soil quality after 16 years of olive mill pomace application in olive oil groves. *Agronomy for Sustainable Development*, 32 (3), 803-810. DOI:10.1007/s13593-011-0080-7

- Gros, A. y Domínguez Vivancos, A. (1992). *Abonos Guía práctica de la fertilización*. (8ª Edición). Ediciones Mundi Prens. España, Madrid.
- Guerrero Polanco, F., Alejo-Santiago, G. & Luna Esquivel, G. (2017). Potassium fertilization in fruit tree. *Revista Bio Ciencias*, 4(3), 143-152. <http://dx.doi.org/10.15741/revbio.04.03.01>
- Haberman, A., Dag, A., Shtern, N., Zipori, I., Erel, R. & Ben-Gal, A. (2019). Significance of proper nitrogen fertilization for olive productivity in intensive cultivation. *Scientia Horticulturae*, 246, : 710 -717. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.055>
- Hidalgo, J., Hidalgo, J. C. y Pastor, M. (2011). La fertilización en el olivar de riego. En: J. Humanes, J. Vilar, M. Fialho, P. Higuera, M. del Mar Velasco y R. Puentes (Eds), *Ad Oleum Habendum* (pp. 125-1359. Editorial Cooperativa Agrícola de Moura e Barrancos y GEA Westfalia Separator Ibérica S.A.
- Killi, D. & Kavdir, Y. (2013). Effects of olive solid waste and olive solid waste compost application on soil properties and growth of *Solanum lycopersicum*. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 82, 157-165.
- Lavee, S. (2007). Biennial bearing in olive (*Olea europaea* L.). *Annales: Series Historia Naturalis* 1, 101-112. <http://www.olivesnz.org.nz/wp-content/uploads/2015/07/Biennial-Bearing-Shimon-Lavee.pdf>
- López Piñeiro, A., Albarrán, A., Rato Nunes, J. M., Peña, D. & Cabrera, D. (2011). Long term impacts of de-oiled two-phase olive mill waste on soil chemical properties, enzyme activities and productivity in an olive grove. *Soil & Tillage Research*, 114, 175-182. <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.05.002>
- López Villalta, L.C. (1996). Técnicas de producción. En: Lavee, S (Ed.), *Enciclopedia mundial del olivo* (pp. 147-189). Coordinación del Consejo Oleícola Internacional. Plaza y Janes. Madrid (España).
- Malavolta, E., Vitti, G. C. y De Oliveira, S.A. (1989). Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato (Ed). Piracicaba, Brasil.
- Mengel, K. y Kirkby, E. A. (2000). Principios de nutrición vegetal. Instituto Internacional de la Potasa. Basilea, Suiza. [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod\\_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf)
- Morlans, M.C. y Guichón, B. A. (1995). Reconocimiento ecológico de la Provincia de Catamarca, Valle de Catamarca: Vegetación y Fisiografía. *Revista de Ciencia y Técnica* 1, 15-49. <http://docplayer.es/21812655-Reconocimiento-ecologico-de-la-provincia-de-catamarca-i-valle-de-catamarca-vegetacion-y-fisiografia-summary.html>
- Ozores Hampton, M., Stansly, P. A. & Salame, T. P. (2011) Soil chemical, physical, and biological properties of a sandy soil subjected to long-term organic amendments. *Journal of Sustainable Agriculture*, 35(3), 243-259. <https://doi.org/10.1080/10440046.2011.554289>
- Peltoniemi, K., Sannakajsa, V., Fritze, H., Lemola, R. & Pennanen, T. (2021). Long-term impacts of organic and conventional farming on the soil microbiome in boreal arable soil. *European Journal of Soil Biology*, 104, 103314. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2021.103314>
- Pibars, S. K., Eldardiry, E. I., Khalill, S. E. & Abd El-Hady, M. (2015). Effect of compost tea on growth character of sunflower (*Helianthus Annus* L.) under surface and subsurface drip irrigation. *International Journal of Chem Tech Research*, 8, 490-495.
- Pinho, I. A., Lopes, D. V., Martins, R. C. & Quina, M. J. (2017). Phytotoxicity assessment of olive mill solid wastes and the influence of phenolic compounds. *Chemosphere* 185, 258-267. <file:///E:/Documents/Doctorado/Bibliografía/Bibliografía%202020/pinho2017.pdf>
- Proietti, P., Federici, E., Fidati, L., Scargetta, S., Massaccesi, L., Nasini, L., Regni, L., Ricci, A., Cenci, G. & Gigliotti, G. (2015). Effects of amendment with oil mill waste and its derived-compost on soil chemical and microbiological characteristics and olive (*Olea europaea* L.) productivity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 207, 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.03.028>
- Restrepo Díaz, H., Benlloch, M., Navarro, C. & Fernández Escobar, R. (2008). Potassium fertilization of rainfed olive orchards. *Scientia Horticulturae*, 116, 399-403. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.03.001>
- RILSAV. Red de laboratorios de suelo, agua y vegetal. (2014). PNSUELO-1134034- Desarrollo e implementación de métodos analíticos, instrumentales y de gestión de la calidad en la red de laboratorios de suelo, agua y vegetal. Carreira D.A. coord. INTA.
- SAGyP. Secretaria de agricultura, ganadería y pesca. (1990). Provincia de Catamarca. En: INTA (Ed), *Atlas de suelos de la República Argentina*. Tomo I, 207-247.
- Sierra Bernal, C. (2003). Fertilización de cultivos y frutales en la zona norte. Boletín INIA N° 97. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile). Centro Regional de Investigación Intihuasi (La Serena). <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6950>
- St. Martin, Ch. (2014). Potential of compost for suppressing plant diseases. *CAB Reviews Perspectives in Agriculture Veterinary Science Nutrition and Natural Resources*. <https://doi.org/10.1079/PAVSNR20149032>
- Tombesi, A. (2018). Biología floral e di fruttificazione. En: P. Fiorino (Ed), *Trattato di olivicoltura* (pp. 35-52). Edagricole. Bologna.
- Undurraga Díaz, P. (2018). Conceptos de fertilidad fosfatada en suelos volcánicos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias - Centro Regional de Investigación Remehue. INIA Serie Actas N° 2 Cap 4. [https://nanopdf.com/download/cap-4-conceptos-de-fertilidad-fosfatada\\_pdf#](https://nanopdf.com/download/cap-4-conceptos-de-fertilidad-fosfatada_pdf#)
- Van Beilen, N. (2016). Effects of conventional and organic agricultural techniques on soil ecology. *Center for Development and Strategy*, 1, 1-2. <http://www.inquiriesjournal.com/a?id=1529>
- Walling, E. & Vaneekhaute, C. (2020). Greenhouse gas emissions from inorganic and organic fertilizer production and use: A review of emission factors and their variability. *Journal of Environmental Management* 276, 111211 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111211>
- Wilson, M. (2017). Aplicación de indicadores de calidad de suelo para el monitoreo agroambiental. En: Wilson, M. G. y Sasal, M. C. (Eds.). *Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina* (pp. 23-29). Ediciones INTA, Entre Ríos. <https://inta.gov>

ar/sites/default/files/manual\_ics\_final.pdf

Zipori, I., Erel, R., Yermiyahu, U., Ben-Gal, A. & Dag, A. (2020). Sustainable management of olive orchard nutrition: A Review. *Agriculture* 10 (1), 11. <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture10010011>

Zipori, I., Yermiyahu, U., Dag, A., Erel, R, Ben Gala, A., Quan. L. & Kerem, Z. (2022). Effect of macronutrient fertilization on olive oil composition and quality under irrigated, intensive cultivation management. *Journal of the science of food and agriculture*, 103(1), 48-56. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12110>.