



# Fertilización, cobertura del suelo y fecha de cosecha: Sus efectos sobre la calidad del aceite en *Olea europaea* L. en el sudoeste de Buenos Aires, Argentina

*Fertilization, cover crop and harvest date: Their effects on oil quality on Olea europaea L. in southwestern Buenos Aires, Argentina*

M. A. BUSO<sup>1\*</sup>, R. A. RODRÍGUEZ<sup>1</sup> Y L. SUÑER<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS),  
Provincia de Buenos Aires, CP: 8000, Bahía Blanca, Argentina.

<sup>2</sup>Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires,  
(1900) La Plata, Argentina.

\* mariano.busso29@gmail.com

ARK: <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18527329/k2wrs51vc>

## RESUMEN

Se evaluaron los efectos de la fertilización, cobertura del suelo y fecha de cosecha sobre varias características del aceite de oliva en plantas regadas del cultivar Arbequina en Marzo y Abril 2021. Los tratamientos de fertilización fueron un abono orgánico aplicado al suelo, fertilización inorgánica aplicada al suelo o a las hojas, y un control no fertilizado. Se sembró [o no (control)] un cultivo de cobertura de vicia y trigo entre las hileras de árboles en otoño 2020. Se utilizaron tres réplicas por tratamiento. Los polifenoles totales oscilaron entre 487,5 y 929,8 mg/l de equivalente de ácido gálico. Los ácidos grasos libres (% de ácido oleico) variaron en promedio entre 0,24% y 0,88%. Los valores del índice  $K_{270}$  oscilaron entre 0,06 y 0,15. El índice de peróxidos varió entre 3,6 y 21,4. Los ácidos grasos palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, linoleico, araquídico, y behénico fluctuaron entre 25,65 y 32,86%; 2,44 y 3,48%; 2,10 y 3,17%; 54,57 y 62,03%; 3,81 y 5,21%; 0,65 y 1,67%, y 0,62 y 1,17%, respectivamente. Estudios a más largo plazo deberían determinar si las variables estudiadas alcanzan valores significativamente más altos después de la aplicación de agregados orgánicos al suelo y la siembra de cultivos de cobertura.

## ABSTRACT

The effects of fertilization, soil cover and harvest date were evaluated on various olive oil traits on irrigated plants cultivar Arbequina in March and April 2021. Fertilization treatments included an organic manure applied to the soil, inorganic fertilization applied to the soil or to the leaves, and an unfertilized control. A cover crop of vetch and wheat was either seeded or not (control) between tree rows in fall 2020. Three replicates per treatment were used. Polyphenols ranged from 487.5 to 929.8 mg/l of gallic acid equivalent. Free fatty acids (% oleic acid) varied on average between 0.24%



and 0.88%. Values of the index  $UV_{270}$  ranged from 0.06 to 0.15. The peroxide index (mmol  $O_2$ /kg oil) ranged from 3.6 to 21.4. The palmitic, palmitoleic, stearic, oleic, linoleic, arachidic and behenic acids fluctuated between 25.65 and 32.86%; 2.44 and 3.48%; 2.10 and 3.17%; 54.57 and 62.03%; 3.81 and 5.21%; 0.65 and 1.67%, and 0.62 and 1.17%, respectively. Longer-term studies should determine if the studied variables reach significantly greater values after application of soil organic amendments and seeding of cover crops.

---

**Palabras clave:** composición de ácidos grasos, ácidos grasos libres,  $K_{270}$ , olivo, peróxido, polifenoles

---

---

**Keywords:** fatty acids composition, free fatty acids,  $K_{270}$ , olive, peroxide, polyphenols

---

## INTRODUCCIÓN

Se han conducido muchos estudios sobre los efectos de distintas fuentes de fertilización sobre la calidad del aceite de oliva (Fernández-Escobar et al., 2006; Gavahian et al., 2019; Pedan et al., 2019; Rodríguez-López et al., 2020; Pastor et al., 2021; Arbonés et al., 2022; Martins et al., 2022). Sin embargo, estos estudios no han considerado los efectos de la fertilización conjuntamente con los efectos benéficos que provee la utilización de cultivos de cobertura entre las plantas de olivo. Lo novedoso de este estudio fue investigar los efectos de diferentes formas de fertilización en áreas con o sin cultivo de cobertura sobre varias características del aceite de oliva en dos fechas de cosecha de las aceitunas en una finca de olivo bajo riego en el sudoeste bonaerense.

El olivo (*Olea europaea*) es la especie de árbol perenne que ocupa la mayor cantidad de hectáreas en el mundo (FAOSTAT, 2022). La producción de aceitunas en Argentina se concentra en las regiones del NOA y Cuyo, en las provincias de La Rioja, Mendoza, San Juan y Catamarca (Bocchi Pacheco, 2022). La producción de aceite de oliva, con más de 150.000 ha implantadas con olivo en nuestro país (Carciofi et al., 2022), fue de 30000 toneladas en 2022 (Ivars

& Carballo-Hiramatsu, 2023). De esta cantidad de toneladas, aproximadamente 23000 fueron exportadas y poco más de 7000 toneladas se dedicaron al consumo interno (Ivars & Carballo-Hiramatsu, 2023). Entre los países de América Latina, Argentina es el mayor productor de aceite de oliva, con un incremento de producción destacable de 262% desde 1961 a 2019 (Guevara-Ramírez et al., 2023; Ivars & Carballo-Hiramatsu, 2023). De todas maneras, Argentina representó solo cerca del 1% de la producción de aceite total mundial en 2019 (Guevara-Ramírez et al., 2023; Ivars & Carballo-Hiramatsu, 2023).

La región sudoeste de la provincia de Buenos Aires está integrada por las zonas pampeana semiárida, árida y subhúmeda- seca, con 6.500.000 ha, dividida en 12 partidos. Su productividad agropecuaria es inferior a la del resto de la zona pampeana, consecuencia de las condiciones agroecológicas imperantes (Cincunegui et al., 2019). Dicha región, es ecológicamente apta para el cultivo del olivo y conforme a estudios de huella ecológica, este cultivo colabora para frenar el avance de la desertificación en la región (Elías & Barbero, 2017). La Región, cuenta con ventajas competitivas derivadas del puerto de mayor calado del país (puerto

de Ingeniero White), de un adecuado sistema de transporte y de la provisión de servicios conexos necesarios para la comercialización y desarrollo general de la actividad (Cincunegui et al., 2019).

En 2016, se registraron 48 establecimientos agropecuarios con 2.598 ha de olivos implantados, principalmente de la variedad Arbequina, en los Partidos de Bahía Blanca, Carmen de Patagones, Coronel Dorrego, Coronel Rosales, Puan, Saavedra, Villarino y en los Partidos de Necochea y de San Cayetano –que, si bien son extra región, procesan el aceite de oliva en las aceiteras/almazaras del sudoeste bonaerense–. En esta región, la producción promedio de aceite de oliva fue de 1.000.000 l en 2016 (Lev, 2016), concentrándose el 48% (85,50% de la superficie) en el Partido de Cnel. Dorrego.

El aceite de oliva es una fuente importante de grasas saludables al corazón junto con vitaminas. También está asociado con varios efectos benéficos sobre la salud humana debido a su composición de ácidos grasos balanceada y propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias, antidiabéticas, anti-carcinogénicas y cardio-protectivas (Gavahian et al., 2019; Martins et al., 2022). También contribuye a una dieta más balanceada, siendo un elemento fundamental para aquellos que quieren mantener un estilo de vida saludable (Neves & Pires, 2018). Está principalmente compuesto de triacilglicerols (98%), ácidos grasos libres, pigmentos, fenoles, tocoferoles, esteroides, fosfolípidos, ceras, escualeno, y otros hidrocarburos (Caporaso, 2016). Los compuestos fenólicos presentes en el aceite de oliva tienen un rol importante en los atributos sensoriales, particularmente sensaciones picantes, astringentes y penetrantes, la calidad y estabilidad del

aceite (Pedan et al., 2019). Las propiedades del aceite de oliva pueden cambiar con varios factores agronómicos (riego, fertilización, fecha de cosecha y maduración del fruto, cultivares), tecnológicos (almacenaje postcosecha y proceso de extracción) y edafoclimáticos (Caporaso, 2016; El Quarnifa et al., 2019).

El importante incremento en el consumo de aceite de oliva no solo es debido a sus propiedades nutricionales y su rol potencial en la protección de enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (Pérez-Jiménez et al., 2007), sino también en sus atributos organolépticos (Luaces et al., 2003). Estas propiedades sobresalientes son atribuidas al alto porcentaje de ácido oleico del aceite de oliva y a la presencia de varios componentes menores conferidos por su actividad antioxidante tales como compuestos fenólicos, pigmentos, tocoferoles, etc. Sin embargo, esta composición química peculiar es el resultado, además de la fundamental base genética, de una interacción compleja entre varios factores agrupados en cuatro grupos principales: ambiental (suelo, clima), agronómico (riego, fertilización), cultivo (cosecha a la madurez) y factores tecnológicos (almacenamiento de frutos, procedimientos de extracción (Aparicio & Luna, 2002)).

La longitud de onda a 270 nm (indicativo de frutos en buen estado) es muy interesante porque esta puede proveer información sobre la calidad de un aceite, y su estado de preservación o degradación, los cuales pueden haber ocurrido durante y después de la cosecha (Kalarachakis, 2013).  $K_{270}$  es un índice relacionado a la absorción de luz ultravioleta a la longitud de onda específica de 270 nm y se refiere a los materiales oxidados, y

prácticamente puede mostrar la resistencia a la oxidación (Kalarchakis, 2013). El tiempo, la luz y la temperatura durante el almacenaje pueden influenciar los valores del índice  $K_{270}$ . Los aceites de oliva extra virgen deben tener un puntaje  $K_{270}$  menor que 0.20 de acuerdo al Consejo Oleícola Internacional (Kalarchakis, 2013).

La demanda creciente por aceites de oliva de alta calidad es un factor importante en determinar el rendimiento general de las fincas de olivo. La calidad del aceite de oliva, especialmente los niveles de ácidos grasos libres y concentración de polifenoles, y la composición de ácidos grasos, está estrechamente relacionada con las prácticas agrícolas tales como el riego, tiempo de cosecha y niveles de fertilización (Dag et al., 2009a; Ben-Gal et al., 2011; Dag et al., 2011). Fernández-Escobar et al. (2006) informaron que la fertilización en exceso con N resulta en una reducción en la concentración de polifenoles y en la estabilidad oxidativa del aceite. Morales-Sillero et al. (2007) informaron que niveles elevados de N, P y K conducen a una respuesta similar, aunque no se hizo una distinción entre los efectos específicos de los nutrientes en su estudio. En un experimento controlado en contenedores conducido en Israel, mayores niveles de N se correlacionaron negativamente con los ácidos grasos libres y concentración de polifenoles, pero no tuvieron efecto en el valor de peróxidos. Mayores niveles de P se correlacionaron negativamente con el valor de peróxido y concentración de polifenoles, pero no tuvieron efecto en los ácidos grasos libres. Finalmente, mayores niveles de K no tuvieron efecto en ninguno de estos parámetros (Dag et al., 2009a; Erel et al., 2013; Dag et al., 2016). La mayoría de la información disponible

en relación al efecto de la fertilización sobre la calidad del aceite se obtuvo en fincas extensas, no regadas (Fernández-Escobar et al., 2006).

El índice de peróxido es el índice que muestra la oxidación de los aceites de oliva los cuales pueden haber conducido a la creación de peróxidos. Estos están formados de la reacción de ácidos grasos no saturados con oxígeno. Para los aceites de oliva virgen ordinario, virgen y extra virgen, el valor límite de peróxidos es menor que 20 meq  $O_2/kg$  de acuerdo a IOC. Valores muy altos de peróxido ( $< 20$  meq  $O_2/kg$ ) pueden jugar un rol importante en la imagen general de un aceite de oliva en el mercado debido a que los peróxidos indican el nivel de cuan rancio es el aceite de oliva, lo cual es un atributo indeseable. Valores bajos de peróxido sugieren que la calidad general del fruto antes de su procesamiento fue mejor, con menos heridas y cosechado en el estado óptimo de madurez.

Los macronutrientes, especialmente N, P y K, afectan todos los procesos relacionados con la productividad del olivo. Cuando los niveles de macronutrientes son incrementados de deficientes a óptimos, la intensidad de floración, el cuaje del fruto y el rendimiento final del fruto se incrementan (Haberman et al., 2019 a,b; Haberman et al., 2021). La respuesta de los árboles de olivo a los niveles de N, P y K es específica para cada nutriente. La fertilización excesiva con N reduce tanto el rendimiento como la calidad del aceite (Erel et al., 2013; Haberman et al., 2019a) mientras que la fertilización excesiva con P o K no muestra esta tendencia. La mayoría de los resultados que han relacionado el estado nutricional del árbol con la calidad del aceite se han obtenido de experimentos en contenedores (Dag et

al., 2009a; Erel et al., 2013) o bajo condiciones de lluvia (Fernández-Escobar et al., 2006). Algunos trabajos se enfocaron en los efectos combinados de N, P y K en árboles de olivo cultivados intensivamente (Morales-Sillero et al., 2007). Zipori et al. (2023) estudiaron los efectos independientes de la fertilización con N, P y K sobre la composición y calidad del aceite en una finca de olivos comercial, cultivada intensivamente. Los efectos de los diferentes tratamientos de fertilización sobre los rendimientos de frutos y de aceite fueron descriptos por Haberman et al. (2021).

Aunque una aplicación adecuada de fertilizantes puede afectar positivamente la fotosíntesis, la fisiología de todo el árbol y el crecimiento y rendimiento de aceitunas (Erel et al., 2014; Ferreira et al., 2018; Ferreira et al., 2019; Lopes et al., 2021), su efecto sobre la calidad del aceite es escasa e inconsistente, especialmente bajo condiciones de lluvia (Erel et al., 2013; Arbonés et al., 2022). Sin embargo, se pueden destacar algunas tendencias. Con respecto al N, la mayoría de los estudios indican que la fertilización nitrogenada redujo las concentraciones de compuestos fenólicos en el aceite, tanto bajo condiciones de lluvia como de riego (Erel et al., 2013; Zipori et al., 2020; Arbonés et al., 2022), indicando de acuerdo al modelo de competencia de las proteínas, que la fenilalanina fluye preferentemente hacia la síntesis de proteínas más bien que hacia la síntesis de fenilpropanoides (Erel et al., 2013). En relación a la aplicación de P, se ha informado una menor influencia en la calidad del aceite (Arbonés et al., 2022), aunque se ha observado una disminución en polifenoles en respuesta a una alta fertilización con P (Dag et al., 2009a). Sin embargo,

el efecto del P sobre la calidad del aceite principalmente fue indirecta, desde que una alta disponibilidad de P incrementó la acumulación de N (Erel et al., 2013; Arbonés et al., 2022). Además, Erel et al. (2013) no hallaron efectos significativos de los niveles de P sobre los ácidos grasos libres. El rol del K es más controversial (Arbonés et al., 2022). El nivel nutricional con K solo tuvo un efecto menor o no efecto en absoluto en las características de calidad del aceite tales como polifenoles o concentración de ácidos grasos, probablemente debido a que distintamente al N y P, el K no es un mineral intrínseco en el aceite o en cualquier tejido orgánico (Dag et al., 2009a; Erel et al., 2013). De esta forma, parece claro que se necesitan más estudios a campo para evaluar los efectos de la aplicación de fertilizantes en la calidad del aceite.

Los objetivos de este estudio fueron evaluar los efectos de la fertilización, la cobertura del suelo y la fecha de cosecha sobre varias características del aceite de oliva en una finca con plantas regadas del cultivar Arbequina en marzo y abril 2021.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de estudio

Este estudio fue conducido en el Distrito de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires (38°34'S, 61°59'O; Figura 1), en una finca de olivo bajo riego perteneciente al establecimiento privado agropecuario de "Nobles Caciques S.R.L." durante los ciclos de crecimiento 2020/2024. La precipitación anual promedio (periodo 1896-2000) es 584.6 mm, y la temperatura anual promedio (periodo 1971-1990) es 15 °C. Las temperaturas mínimas



**Figura 1.** Ubicación del sitio de estudio en la ciudad de Bahía Blanca dentro de la Provincia de Buenos Aires. Además del Partido de Bahía Blanca, se muestran otros Partidos dentro de dicha Provincia

*Figure 1.* Location of the study site in the city of Bahía Blanca in the Province of Buenos Aires. In addition of the district of Bahía Blanca, other districts are shown within such Province

promedios mensuales son producidas en julio (7.5°C) y las máximas en enero (23.2°C). Las temperaturas absolutas máxima y mínima registradas son 43.8 y -11.8°C, respectivamente. Los suelos son clasificados como Paleustoles Petrocállicos (Blanco et al., 2003).

Los plantines de olivo de la variedad Arbequina se establecieron en el campo de la finca mencionada en el año 2018, cuando los mismos tenían 3 años de edad. Se utilizó un marco de plantación de 1,5 x 4 m de manera que el distanciamiento entre plantas en la misma hilera fue de 1,5 m y la distancia entre hileras

fue de 4 m. La densidad de plantación fue de 1667 plantas/ha.

El riego no fue un factor en estudio sino una caracterización de la condición general del manejo del cultivo. La lámina de riego disponible fue la misma para todos los tratamientos. El distanciamiento entre las plantas de olivo de aproximadamente 5 años de edad (al comienzo de este estudio en 2020) y la manguera de riego se pueden observar en la Figura 2.

Las mangueras se dispusieron a 10 cm de las plantas aproximadamente y a 70 cm de altura (atadas a un alambre) para permitir el desmalezamiento de



**Figura 2.** Las mangueras se ataron a alambres tensados cada 100 m a 70 cm de altura desde el nivel del suelo (y 10 cm del tronco de las plantas) en la finca de olivos. Esto se hizo para poder efectuar el control de malezas de pequeño tamaño con desmalezadoras en forma manual. La imagen se tomó cuando las plantas de olivo tenían aproximadamente 5 años de edad

**Figure 2.** Hoses were tied to wires tensed every 100 m to 70 cm height from the soil surface (and 10 cm from the tree trunk) in the olive orchard. This was made to control small size weeds with manual weeders. The image was taken when the olive trees were about 5-year-old

los camellones con una desmalezadora manual en cada hilera de plantas. El requerimiento hídrico de los olivos en las zonas más secas del mundo es de aproximadamente 1000 mm (lluvia + riego) (Georgia Olives Farms, 2012). Debido a esto, la lluvia más el riego fueron de 1000 mm/año en este estudio. El riego fue complementario a las precipitaciones. En la región estudiada, las precipitaciones anuales son aproximadamente de 600 mm (Castelvi et al., 2004), y el riego provee 400 mm/año. De estos 400 mm, 200 mm son provistos durante el verano (el riego es cerca de 3mm/día). Durante el verano, no hay riego aproximadamen-

te 3 semanas antes del inicio del otoño, al menos un mes antes la cosecha de aceitunas. Esto se hace para no cosechar frutos acuosos (con baja concentración de aceite). Otros 100 mm de riego son aplicados hacia fines del otoño y durante el invierno, y los 100 mm restantes son aplicados a fines de la primavera.

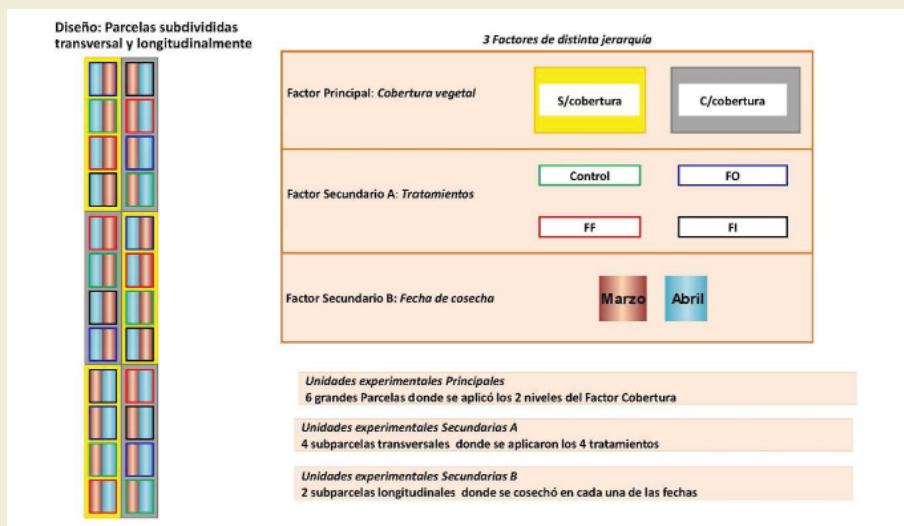
## Diseño Experimental

El diseño experimental incluyó 3 factores de diferente jerarquía: cobertura vegetal, fertilización y fechas de cosecha. Dicho diseño incluyó parcelas subdivididas transversal y longitudinalmente (Figura 3). Las unidades experimentales

**Tabla 1.** Tratamientos aplicados durante el estudio. CC: Con cultivo de cobertura; SC: Sin cultivo de cobertura; M: Muestreo en marzo; A: Muestreo en abril; C: Control; FO: Fertilización orgánica del suelo ("Bioorganutsa"); FI: Fertilización inorgánica del suelo (N, P, K); FF: Fertilización inorgánica foliar (N, P, K)

**Table 1.** Applied treatments during the study. CC: With cover crop; SC: Without cover crop; M: March sampling; A: April sampling; C: Control; OF: Organic soil fertilization ("Bioorganutsa"); IF: Inorganic soil fertilization (N, P, K); FF: Inorganic foliar fertilization (N, P, K)

| CC |    |    |    |   |    |    |    | SC |    |    |    |   |    |    |    |
|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|
| M  |    |    |    | A |    |    |    | M  |    |    |    | A |    |    |    |
| C  | FO | FI | FF | C | FO | FI | FF | C  | FO | FI | FF | C | FO | FI | FF |



**Figura 3.** Diseño experimental para determinar varios parámetros en el aceite de las aceitunas [polifenoles totales, índice  $K_{270}$ , índice de peróxidos, ácidos grasos libres (% de ácido oleico), composición de ácidos grasos] durante las estaciones de crecimiento 2020 y 2021

**Figure 3.** Experimental design to determine various parameters in the olives oil [total polyphenols, index  $K_{270}$ , index of peroxides, free fatty acids (% oleic acid), fatty acid composition] during the growing seasons of 2020 and 2021

principales fueron 6 parcelas grandes donde se aplicaron los 2 niveles de cobertura de la vegetación (con cobertura, sin cobertura) (Tabla 1, Figura 3). Las unidades experimentales secundarias A fueron 4 subparcelas transversales donde se aplicaron los 4 tratamientos (1 tratamiento/subparcela). Las unidades experimentales secundarias B fueron 2 subparcelas longitudinales, que se cosecharon en cada una de las fechas (marzo, abril) (Figura 3).

Los tratamientos de fertilización incluyeron un control no fertilizado; un fertilizante orgánico comercial (i.e., BioOrganutsa) aplicado al suelo, y fertilizantes inorgánicos aplicados a las hojas y al suelo. Cada subparcela contuvo 8 árboles. Un total de 192 árboles (8 árboles/subparcela x 24 subparcelas= 192 árbo-

les) se seleccionaron al azar distribuidos en 2 filas de 4 árboles cada una en cada subparcela. Se utilizaron 3 réplicas por tratamiento en las áreas con o sin un cultivo de cobertura (Figura 3).

## Cultivos de cobertura

Se implantó una consociación de *Vicia benghalensis* L. con *Avena sativa* L. entre las subparcelas de cada tratamiento de fertilización en cada una de 3 parcelas grandes (Figura 3). Se utilizó vicia como el cultivo principal y avena como cultivo soporte. La siembra de la vicia y de la avena permitieron obtener 90 y 30 plantas  $m^{-2}$ , respectivamente. La densidad obtenida de la avena permitió evitar su interferencia sobre la vicia (Renzi, 2009). La siembra se efectuó en el mes de mayo del primer año del ensayo (2020) y posteriormente la resiembra fue natural. Se

**Tabla 2.** Composición química de “BioOrganutsa”  
*Table 2.* Chemical composition of “BioOrganutsa”

| CE<br>(dS/m) | pH  | Nt<br>(%) | Pt<br>(%) | K<br>(%) | Ct<br>(%) | Ca<br>(%) | Mg<br>(%) | Na<br>(%) | S<br>(%) | Fe<br>(%) |
|--------------|-----|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| 2.9          | 7.8 | 1.27      | 0.35      | 0.81     | 13.38     | 2.52      | 0.87      | 0.14      | 0.24     | 1.83      |

utilizó una sembradora a chorillo con abre surcos mono discos en líneas separadas a 20 cm, ubicando las semillas a una profundidad entre 3 y 5 cm. La cantidad de semilla utilizada para obtener la densidad propuesta fue de 57,1 kg ha<sup>-1</sup> para *V. benghalensis* y 36,95 kg ha<sup>-1</sup> para *Avena sativa*. La semilla de vicia fue inoculada con un compuesto comercial a base de *Rhizobium leguminosarum* pv *viciae*. El inóculo, sobre la base de turba estéril, fue adherido a las semillas de vicia previo a la siembra mediante una solución azucarada (Renzi, 2009). La otra condición de cobertura fue dejar el suelo entre subparcelas (una para cada tratamiento) desprovisto de vegetación mediante el uso de una rastra excéntrica con rolo y posteriores aplicaciones de herbicidas, en otra serie de 3 parcelas grandes (Figura 3). Los camellones se mantuvieron sin malezas usando control químico con herbicidas.

**Fertilización del suelo**

Para llevar a cabo la fertilización, se empleó el fertilizante orgánico “BioOrganutsa” y 4 fertilizantes inorgánicos: urea [CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>] como fuente de nitrógeno, fosfato diamónico [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>; PDA] como fuente de nitrógeno y fósforo, ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) como fuente de fósforo, y nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>) como fuente de nitrógeno y potasio.

“BioOrganutsa” es un fertilizante desarrollado para la agricultura orgánica.

Está compuesto de abono de cabras, mezclas de guano, harina de sangre, ceniza de la cáscara de girasol, fósforo natural y componentes de calcio. Esta enmienda satisface todos los requerimientos para ser utilizada en la producción orgánica (Daasons, 2013). Sus características químicas se muestran en la Tabla 2.

El grado de un fertilizante es la cantidad (gr) del elemento químico/100 gr de fertilizante (por ejemplo, 46 gr N/100 gr urea: Tabla 3). La urea, el fosfato diamónico y el nitrato de potasio ya vienen formulados con su grado desde la fábrica (Tabla 3), y estos son los que componen la mezcla del fertilizante inorgánico aplicado al suelo, el cual tiene un grado 3:1:4 (Tabla 3) entre N, P y K, respectivamente, en la mezcla de los fertilizantes. Para hacer la fertilización edáfica, los fertilizantes inorgánicos se mezclaron en diferentes proporciones y se aplicaron a 758 kg ha<sup>-1</sup>.

Para hacer la fertilización edáfica, se empleó una mezcla de urea, PDA y KNO<sub>3</sub>. Esta fertilización se hizo en el suelo ubicado debajo del follaje de cada árbol, incorporando el fertilizante al suelo inmediatamente después de su aplicación. Esto se hizo principalmente para evitar la volatilización de la urea (Sierra Bernal, 2009; Rosati et al., 2015).

**Fertilización foliar**

La fertilización foliar requirió la mezcla de urea, ácido fosfórico (concentrado

**Tabla 3.** Grado y uso experimental de los fertilizantes usados en las mezclas. FO: Fertilización orgánica al suelo, FF: Fertilización inorgánica foliar, FI: Fertilización inorgánica al suelo (ver Tabla 1)

**Table 3.** Degree and experimental use of fertilizers used in the mixtures. C: Control; OF: Organic soil fertilization ("Bioorganutsa"); IF: Inorganic soil fertilization (N, P, K); FF: Inorganic foliar fertilization (N, P, K)

| Fertilizantes                                          | Grado |                                       |                      | Uso Experimental |
|--------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------|----------------------|------------------|
|                                                        | N     | P<br>(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | K (K <sub>2</sub> O) |                  |
| Urea                                                   | 46    | 0                                     | 0                    | FI, FF           |
| Fosfato diamónico                                      | 18    | 46                                    | 0                    | FI               |
| Nitrato de potasio                                     | 13    | 0                                     | 45                   | FI, FF           |
| Boioorganutsa                                          | 9     | 3                                     | 12                   | FO               |
| Mezcla de urea, fosfato diamónico y nitrato de potasio | 21    | 7                                     | 28                   | FI               |

al 85 %), KNO<sub>3</sub> (Tabla 3) y un surfactante no iónico al 0,1 % v/v para favorecer la absorción foliar. La preparación del fertilizante para aplicación foliar, consistió en disolver cada fertilizante por separado en agua según su solubilidad (Guerrero Riascos, 2004) Luego, cada disolución se pasó por un filtro para eliminar impurezas y evitar la posible obstrucción de las pastillas de pulverización. Posteriormente, se mezclaron las 3 disoluciones y se agregó el agente surfactante. La mezcla final, resultó en concentraciones de 1,8; 0,7 y 4 % de N, P y K, respectivamente, respetando los límites máximos de concentración de nutrientes disueltos para no provocar fitotoxicidad. Con el objetivo de aplicar cantidades equivalentes a la fertilización edáfica, se realizaron pulverizaciones de 7,3 l/planta de la disolución, fraccionada en 5 aplicaciones (1,5 l/aplicación). El volumen de caldo que puede mantener cada planta en su copa para su absorción en cada aplicación, se calculó según lo descripto por Hidalgo Moya et al. (2020). Las fertilizaciones fo-

liares se llevaron a cabo en los estadios de brotación (septiembre), prefloración (octubre), cuajado y crecimiento de frutos (diciembre), endurecimiento del carozo (enero) y envero (febrero) con un pulverizador a presión de 9 litros de capacidad mediante una lanza con pico regulable.

### Muestreos y mediciones

Los parámetros medidos en las aceitunas incluyeron la determinación de polifenoles totales, índice K<sub>270</sub>, índice de peróxidos, ácidos grasos libres (% ácido oleico), y composición de ácidos grasos. Para el estudio de cada uno de estos parámetros, dentro de cada tratamiento, cada dato se obtuvo a partir de 100 aceitunas, provenientes de uno de los árboles ubicados en la intersección de las parcelas transversales y longitudinales, dentro de c/unidad experimental o parcela mayor (ver Figura 3).

## Análisis del aceite

Se evaluaron parámetros de calidad del aceite, para lo cual se realizó la extracción del mismo con la almazara experimental Marca Abencor®. Una vez efectuada la cosecha de aceitunas de cada árbol, se tomó una muestra de 1 kg de las mismas. Posteriormente, se utilizaron 600 g de este kg de aceitunas para realizar el análisis del aceite. El proceso involucró las fases de molienda, batido durante 45 minutos y extracción por centrifugación. Las variables evaluadas a partir de las muestras obtenidas de los aceites, según normas ISO (Organización Internacional de Normalización) y COI (Consejo Oleícola Internacional), fueron: compuestos fenólicos, absorbancia UV, índice de peróxidos, ácidos grasos libres (% ácido oleico) y perfil de ácidos grasos (Cimato,1990; Tous *et al.*, 1997).

### 1. Concentración de compuestos fenólicos totales

Para esta determinación se realizó la extracción con una mezcla metanol: agua en una proporción 80:20 respectivamente. El agregado del reactivo de Folin-Denis permitió el desarrollo de color. Sobre ésta última reacción se midió la absorbancia en un espectrofotómetro UV-vis a 760nm. Los resultados se expresaron como mg de polifenoles (equivalentes a ácido gálico) por kilogramo de aceite. Se utilizó el protocolo de laboratorio de acuerdo a Maestro Durán *et al.* (1994).

### 2. Absorbancia UV

Para este análisis se utilizó un espectrofotómetro UV-vis, midiéndose la absorbancia del aceite disuelto en iso-octano a la longitud de onda de 270 nm. La me-

dición de la absorbancia a esta longitud de onda y el procedimiento de análisis se realizaron de acuerdo a la norma COI/T.20/Doc. No.19 e indica la presencia en el aceite de compuestos de oxidación secundaria (distintos de los peróxidos). Esto es debido a una inadecuada conservación del aceite, de modificaciones sufridas como consecuencia de procesos tecnológicos, de contaminantes o adulteraciones del aceite. Por lo tanto, la absorbancia UV mide la capacidad de enranciamiento de un aceite; siendo éste de mayor calidad cuanto menor sea el valor obtenido.

### 3. Índice de peróxidos

Este índice es una medida del deterioro oxidativo del aceite y se define como la cantidad de peróxidos, expresados como milimoles de oxígeno activo por kilogramo de aceite, que oxidan al yoduro de potasio bajo determinadas condiciones de trabajo. El yodo liberado de esta oxidación es titulado con una solución valorada de tiosulfato de sodio.

Se tomó como referencia el protocolo de la norma ISO 3960:2001.

### 4- Ácidos grasos libres

Esta técnica se basa en la determinación de los miligramos de hidróxido de sodio necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en un volumen de muestra disuelta en solvente, de acuerdo al protocolo de la Norma ISO 660:1996 (UNIT 1048:99) (Maestro Durán & Borja Padilla, 1990).

### 5- Perfil de ácidos grasos

Previo a este análisis los ácidos grasos fueron derivatizados (trans-esterificación) formando ésteres volátiles de metanol en condiciones alcalinas. Luego

se separaron de los diferentes ácidos grasos (AG) presentes en el aceite por cromatografía gaseosa con detección de ionización de llama (FID), usando una columna semipolar. Se determinó la composición porcentual de 7 ácidos grasos (palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, linoleico, araquídico y behénico). Se tomó como referencia el protocolo derivado de la norma COI/T. 20/Doc. No.24 2001. El análisis cromatográfico se realizó de acuerdo a lo establecido por la norma ISO 5508.

### **Análisis estadístico**

En la tabla de varianza general [ANOVA de 3 factores= 2 tipos de cultivo de cobertura (con, sin) x 4 tratamientos x 2 fechas de muestreo], la prueba para cada factor o fuente de variación (tipo de cobertura vegetal, tratamiento, fecha de muestreo) y las pruebas para las interacciones deberían ser probadas con sus correspondientes cuadrados medios del error (CME) para los siguientes parámetros del aceite: Polifenoles totales (mg / l de equiv de ácido gálico), ácidos grasos libres (% ácido oleico), Índice K270 e Índice de peróxidos (mmol O<sub>2</sub>/kg aceite). Sin embargo, debido a que todos los CME resultaron muy similares en la tabla de varianza general de cada uno de los factores estudiados, se probó si esos cuadrados medios del error eran estadísticamente iguales usando el test de Bartlett. Desde que los CME fueron estadísticamente iguales ( $p > 0,05$ ) para todos los factores, se usó un cuadrado medio del error ponderado para todos los factores con la cantidad total de grados de libertad (= 32). Este CME ponderado con sus grados de libertad fue usado para hacer una nueva tabla de varianza de 3 vías (2 tipos de cobertura vegetal x

4 tratamientos x 2 fechas de muestreo) para las fuentes de variación estudiadas. Se abrieron las interacciones de 2 factores siempre que resultaron significativas. Cuando las pruebas de F resultaron significativas, los promedios se compararon usando la prueba de la menor diferencia significativa de Fisher (es decir, LSD) a un nivel de significancia de 5%.

Para el caso de la composición del aceite, y para obtener una estimación del error, se consideró como modelo un ANOVA de 3 factores, sin sus interacciones.

## **RESULTADOS**

### **Polifenoles totales**

Sólo se halló interacción significativa tratamientos x cosecha ( $p < 0,05$ ) en la tabla de ANOVA. En el tratamiento fertilización inorgánica al suelo, los polifenoles fueron mayores ( $p < 0,05$ ) en abril que en marzo ( $p < 0,05$ ) (Figura 4A). En marzo, sólo hubo mayores ( $p < 0,05$ ) polifenoles en el control que en el tratamiento de fertilización inorgánica al suelo (Figura 4A). En abril, los polifenoles fueron mayores ( $p < 0,05$ ) en la fertilización inorgánica que en la orgánica al suelo (Figura 4A).

### **Ácidos grasos libres**

#### **(% ácido oleico)**

Hubo interacción significativa ( $p < 0,05$ ) tratamiento x fecha de cosecha en la tabla de ANOVA para los ácidos grasos libres (% ácido oleico) (Figura 4B). En marzo, los ácidos grasos libres fueron mayores ( $p < 0,05$ ) en el tratamiento de fertilización inorgánica foliar que en el tratamiento de fertilización orgánica al

suelo (Figura 4B). En abril los ácidos grasos libres fueron mayores ( $p<0,05$ ) en el control que en el tratamiento de fertilización inorgánica foliar (Figura 4B). Los ácidos grasos libres fueron mayores ( $p<0,05$ ) en marzo que en abril en el tratamiento de fertilización inorgánica foliar (Figura 4B). Los ácidos grasos libres variaron en promedio entre 0,24% y 0,88% en los distintos tratamientos en marzo y abril (Figura 4B).

### Índice $K_{270}$

No se hallaron interacciones ( $p>0,05$ ) en la tabla de ANOVA para el Índice  $K_{270}$ . Se hallaron diferencias significativas ( $p<0,05$ ) para los efectos principales fecha de cosecha y tratamientos de fertilización. El índice  $K_{270}$  fue mayor ( $p<0,05$ ) en Marzo (promedio=0,14042;  $n=24$ ) que en Abril (promedio=0,0725;  $n=24$ ). Además, dicho índice fue menor ( $p<0,05$ ) en la fertilización orgánica al suelo (promedio=0,0933;  $n=12$ ) que en el ( $p<0,05$ ) control (promedio=0,11;  $n=12$ ) y la fertilización inorgánica al suelo (promedio=0,115;  $n=12$ ). Los valores del índice  $K_{270}$  entre tratamientos de fertilización en marzo y abril oscilaron entre 0,06 y 0,15 (Tabla 4).

### Índice de peróxidos (mmol $O_2$ /kg aceite)

No se hallaron interacciones ( $p>0,05$ ) en la tabla de ANOVA para el índice de peróxidos. Solo se hallaron diferencias significativas ( $p<0,05$ ) para las fechas de cosecha, siendo mayor ( $p<0,05$ ) en Marzo (promedio=14,698 mmol  $O_2$ /kg aceite;  $n=24$ ) que en Abril (promedio=5,352 mmol  $O_2$ /kg aceite,  $n=24$ ). Entre tratamientos y en las áreas con o sin cobertura vegetal los valores oscilaron entre

**Tabla 4.** Índice  $K_{270}$  entre tratamientos en marzo y abril

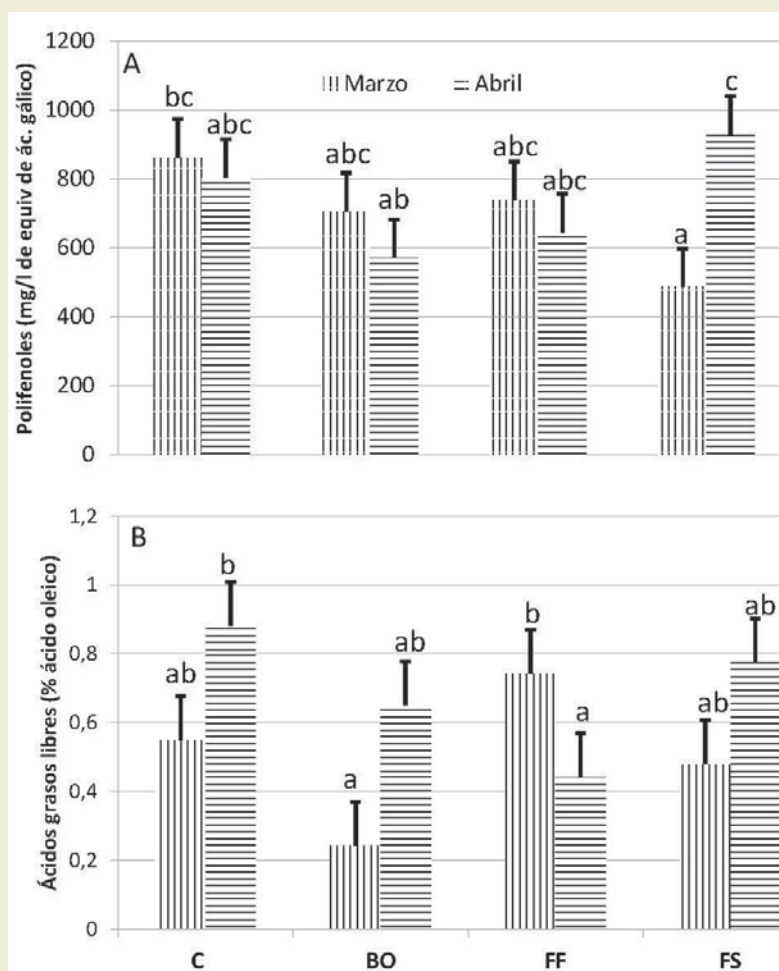
*Table 4. Index  $K_{270}$  among treatments in March and April*

| Fecha de Cosecha | Tratamiento | n | Media (Índice $K_{270}$ ) |
|------------------|-------------|---|---------------------------|
| Marzo            | C           | 6 | 0,1467                    |
|                  | FO          | 6 | 0,1267                    |
|                  | FF          | 6 | 0,1383                    |
|                  | FI          | 6 | 0,15                      |
| Abril            | C           | 6 | 0,0733                    |
|                  | FO          | 6 | 0,06                      |
|                  | FF          | 6 | 0,0767                    |
|                  | FI          | 6 | 0,08                      |

3,6 (fertilización inorgánica al suelo, con cultivo de cobertura, abril) y 21,4 mmol  $O_2$ /kg aceite (fertilización inorgánica foliar, con cultivo de cobertura, marzo) (Tabla 5). Sin embargo, es deseable destacar que excepto en este último caso, los valores de índice de peróxido fueron menores que 16,5 mmol  $O_2$ /kg aceite en los restantes tratamientos.

### Composición de ácidos grasos

Para todos los ácidos grasos no hubo diferencias significativas ( $p>0,05$ ) para ninguno de los factores: fechas de cosecha, áreas con o sin cobertura vegetal o entre tratamientos. Los ácidos palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, linoleico, araquídico, y behénico oscilaron 25,65 y 32,86%; 2,44 y 3,48%; 2,10 y 3,17%; 54,57 y 62,03%; 3,81 y 5,21%; 0,65 y 1,67%, y 0,62 y 1,17%, respectivamente (Tabla 6). El modelo para el ácido palmítico fue significativo ( $p<0,05$ ); en promedio, en las áreas sin cobertura, el ácido palmítico



**Figura 4. (A)** Polifenoles totales en marzo o en abril en los varios tratamientos de fertilización. (C= Control; BO= Bioorganutsa; FF= Fertilización inorgánica foliar; FS= Fertilización inorgánica al suelo). Cada histograma es el promedio + 1 E.E. of n=6. Diferentes letras minúsculas encima de los histogramas dentro de cada fecha o tratamiento indican diferencias significativas entre tratamientos o fechas, respectivamente a  $p < 0,05$ . **(B)** Ácidos grasos libres en marzo o abril en los diferentes tratamientos de fertilización. Cada histograma es el promedio + 1 E.E. de n= 6. Diferentes letras minúsculas arriba de los histogramas dentro de cada fecha o tratamiento indican diferencias significativas entre tratamientos o fechas, respectivamente, a  $p < 0,05$

**Figure 4. (A)** Total polyphenols in march or april in the various fertilization treatments. Each histogram is the mean + 1 E.E. of n=6. Different lowercase letters above the histograms within each date or treatment indicate significant differences among treatments of between dates, respectively, at  $p < 0.05$ . **(B)** Free fatty acids in march or April in the different fertilization treatments. Each histogram is the mean + 1 E.E. of n=6. Different lowercase letters above the histograms within each date or treatment indicate significant differences among treatments of between dates, respectively, at  $p < 0.05$

**Tabla 5.** Índice de peróxidos (mmol O<sub>2</sub>/kg aceite) entre tratamientos en las áreas con o sin cobertura vegetal en marzo y abril

**Table 5.** Peroxide index (mmol O<sub>2</sub>/kg oil) among treatments on the areas with or without vegetation cover in March and April

| Cosecha | Cobertura | Tratamiento | n      | Media<br>(mmol O <sub>2</sub> /kg aceite) |
|---------|-----------|-------------|--------|-------------------------------------------|
| Marzo   | Sin       | C           | 3      | 12,82                                     |
|         |           | FO          | 3      | 13,4267                                   |
|         |           | FF          | 3      | 11,18                                     |
|         |           | FI          | 3      | 15,75                                     |
|         | Con       | C           | 3      | 14,49                                     |
|         |           | FO          | 3      | 12,1167                                   |
|         |           | FF          | 3      | 21,3567                                   |
|         |           | FI          | 3      | 16,4433                                   |
|         | Sin       | C           | 3      | 4,7533                                    |
|         |           | FO          | 3      | 5,0233                                    |
| FF      |           | 3           | 6,4533 |                                           |
| FI      |           | 3           | 7,6767 |                                           |
| Abril   | Con       | C           | 3      | 5,1867                                    |
|         |           | FO          | 3      | 5,1533                                    |
|         |           | FF          | 3      | 4,9267                                    |
|         |           | FI          | 3      | 3,6433                                    |

fue mayor ( $p<0,05$ ) que en las áreas con cobertura. Los modelos no fueron significativos ( $p>0,05$ ) para los ácidos palmítico, esteárico, oleico, linoleico, linolénico, araquídico y behénico. Además, en promedio, en las áreas con cobertura, los ácidos esteárico y oleico fueron mayores ( $p<0,05$ ) que en las áreas sin cobertura (Tabla 6).

## DISCUSIÓN

### Polifenoles totales

Los polifenoles totales variaron entre 445,3 (marzo, áreas con cobertura,

fertilización inorgánica del suelo) y 1066,7 mg/l de equivalente de ácido gálico (abril, áreas con cobertura, fertilización inorgánica del suelo) en los distintos tratamientos y áreas con o sin cobertura en marzo o abril 2020/2021 (Figura 4A). Nuestro valor en marzo, en áreas con cobertura y fertilización inorgánica al suelo (es decir, 445,3 mg/l de equivalente de ácido gálico) fue similar al informado por El Riachy et al. (2017) en el aceite de los cultivares ‘Edlbi’ y ‘Baladi’. En su estudio, la concentración de polifenoles fue significativamente más alta solo en aceites de la variedad

**Tabla 6.** Composición de ácidos grasos (%) en los distintos tratamientos de fertilización en las áreas con (CC) o sin (SC) cobertura vegetal en marzo (mar) y abril (abr) 2020/2021

**Table 6.** Composition of fatty acids (%) in the different fertilization treatments on the areas with (CC) or without (SC) a vegetation cover in March (mar) and April (abr) 2020/2021

| Co-se-cha | Co-ber-tura | Fer-tili-za-ción | Población | %          |               |             |        |            |              |            |
|-----------|-------------|------------------|-----------|------------|---------------|-------------|--------|------------|--------------|------------|
|           |             |                  |           | pal-mítico | palmi-toléico | es-teá-rico | oleico | lino-leico | ara-quidi-co | be-hé-nico |
| mar       | SC          | C                | mar SC C  | 25,88      | 2,64          | 2,38        | 61,06  | 5,21       | 1,05         | 0,97       |
| mar       | SC          | FO               | mar SC FO | 27,91      | 2,66          | 3,17        | 58,74  | 4,66       | 1,24         | 0,75       |
| mar       | SC          | FF               | mar SC FF | 27,9       | 3,08          | 2,23        | 58,26  | 5,17       | 1,26         | 1,17       |
| mar       | SC          | FI               | mar SC FI | 32,86      | 2,62          | 2,34        | 54,57  | 4,43       | 1,16         | 0,98       |
| mar       | CC          | C                | mar CC C  | 27,53      | 3,32          | 3,14        | 58,64  | 4,26       | 1,1          | 0,98       |
| mar       | CC          | FO               | mar CC FO | 27,68      | 2,77          | 2,7         | 59,2   | 4,33       | 1,15         | 1,16       |
| mar       | CC          | FF               | mar CC FF | 25,68      | 3,04          | 3,17        | 60,1   | 4,87       | 1,1          | 1,14       |
| mar       | CC          | FI               | mar CC FI | 28,04      | 2,72          | 2,48        | 58,73  | 4,27       | 1,71         | 1,04       |
| abr       | SC          | C                | abr SC C  | 28,58      | 2,44          | 2,11        | 59,64  | 4,43       | 0,97         | 0,93       |
| abr       | SC          | FO               | abr SC FO | 29,34      | 2,88          | 3,11        | 57,14  | 4,32       | 1,08         | 1,06       |
| abr       | SC          | FF               | abr SC FF | 29,49      | 2,98          | 2,11        | 57,72  | 3,81       | 1,67         | 1,17       |
| abr       | SC          | FI               | abr SC FI | 30,19      | 2,69          | 2,1         | 58     | 4,69       | 0,77         | 0,62       |
| abr       | CC          | C                | abr CC C  | 26,44      | 3,48          | 3,1         | 60,33  | 4,56       | 0,65         | 0,89       |
| abr       | CC          | FO               | abr CC FO | 25,65      | 2,89          | 2,8         | 62,03  | 4,48       | 0,72         | 0,85       |
| abr       | CC          | FF               | abr CC FF | 26,09      | 2,45          | 3,06        | 61,83  | 4,54       | 0,74         | 0,69       |
| abr       | CC          | FI               | abr CC FI | 27,66      | 3,14          | 2,5         | 59,03  | 4,16       | 1,59         | 0,9        |

‘Edlbi’ bajo condiciones de lluvia, sin aporte de agua de riego. Esta respuesta es consistente con varios cultivares de olivo que mostraron una reducción de los polifenoles con el riego (Tovar et al., 2001; Romero et al., 2002). Patumi et al. (1999) y Tovar et al. (2002a) informaron concentraciones más altas de fenoles en aceites de árboles de olivo expuestos a ciertos niveles de déficit hídrico. Estas mayores concentraciones pueden ser atribuidas a cambios en la actividad de las enzimas responsables de la biosíntesis

de compuestos fenólicos, tal como la L-fenilalanina amoníaco-liasa cuya actividad es mayor bajo condiciones de estrés hídrico (Tovar et al., 2002b). Sin embargo, el cultivar ‘Baladi’, en el estudio de El Riachy et al. (2017), no mostró una reducción significativa en la concentración de polifenoles bajo altas condiciones de irrigación. Esto es muy relevante debido a que los compuestos fenólicos contribuyen a las características nutricionales y organolépticas del aceite de oliva (Gutiérrez-Rosales et al., 1992).

Aunque las categorías del aceite de oliva no especifican rangos de niveles de polifenoles, estos juegan un rol importante como antioxidantes, afectando las propiedades y estabilidad del aceite de oliva sobre la salud. Estos resultados están de acuerdo con aquellos informados en estudios en contenedores por Dag et al. (2009a) y Erel et al. (2013) y por Morales-Sillero et al. (2011) en un experimento bajo condiciones de campo.

### Ácidos grasos libres

Los valores de los ácidos grasos libres (%) miden directamente la calidad del aceite y reflejan el cuidado efectuado durante el desarrollo del fruto. La reacción química llamada hidrólisis es responsable del grado de rotura de los triglicéridos lo cual forma los ácidos grasos libres. En general, el aceite obtenido de frutos de pobre calidad tiene una mayor concentración de ácidos grasos libres. La mayoría de los estudios acuerdan que las heridas causadas al fruto durante los varios estados de producción (pestes del cultivo, cosecha, transporte de los frutos) pueden favorecer la hidrólisis produciendo aceites de oliva con una alta concentración de ácidos grasos libres (Shimizu et al., 2008; Yousfi et al., 2012). La época de cosecha también puede afectar la composición de los ácidos grasos (Beltran et al., 2004). Los valores de ácidos grasos libres informados por Kalarchakis (2013) en aceite de oliva extra virgen en muestras recolectadas en sistemas de producción orgánica semi-intensivos en Kya, Creta, Grecia (0,24-0,80%) fueron similares a nuestros resultados en la mayoría de nuestros tratamientos y fechas de cosecha (Figura 4B).

El valor de ácidos grasos libres obtenido en nuestro estudio solo en marzo en el tratamiento de fertilización orgánica del suelo (Figura 4B) fue similar al obtenido por El Riachy et al. (2017) en el cultivar 'Baladi', por Silva et al. (2023) en una finca de olivos de 7 años de edad, y por Kalarchakis (2013) en una finca de olivos en Kya (Creta, Grecia). El Riachy et al. (2017) determinaron que la acidez libre fue muy significativamente afectada por el cultivar, donde 'Edlbi' mostró mayores valores que el cultivar 'Baladi'. Si bien se está de acuerdo que los índices de calidad del aceite son menos afectados por el cultivar, el cultivar Edlbi registró niveles de acidez libre muy altos en las últimas dos fechas de cosecha (mediados de primavera) desde que maduró más temprano que el cultivar 'Baladi'. Los ácidos grasos libres (% ácido oleico; Figura 4B) en los distintos tratamientos en marzo y abril en nuestro estudio fueron menores o similares a los obtenidos por Zipori et al. (2023). Estos autores informaron que las relaciones altamente positivas entre los niveles de aplicación de N, P y K y sus concentraciones en la materia seca de hojas y frutos permiten efectuar un análisis directo de las relaciones entre la calidad y composición del aceite y las tasas de aplicación de N, P y K. Zipori et al. (2023) determinaron que la concentración de ácidos grasos libres, el principal indicador de la calidad del aceite de oliva, fue más bajo en el tratamiento menos fertilizado y se incrementó con la aplicación de N, junto con una correlación positiva con el N en frutos (Erel et al., 2017; Zipori et al., 2020). En su trabajo [y similarmente a nuestros resultados en los distintos tratamientos, excepto el control en abril (Figura 4B)], la concentración

de ácidos grasos libres estuvo dentro de los límites del aceite de oliva extra virgen (<0,8%) hasta un nivel de fertilización de 75 kg N/ha/y. Además, sus mayores tasas de aplicación de N no incrementaron el rendimiento de aceite (Haberman et al., 2019a) pero dieron valores más altos para los ácidos grasos libres.

Desde que todos los aceites de oliva con un grado de ácidos grasos libres menor que 0,8% son considerados extra virgen de acuerdo al sistema de clasificación IOC (Kalarchakis, 2013), la mayoría de los aceites obtenidos de la mayoría de los tratamientos en marzo y abril (Figura 4B) podrían ser clasificados como aceite de oliva extra virgen. En general, menores valores de ácidos grasos libres son indicativos del aceite de la más alta calidad (Kalarchakis, 2013). Especialmente, los aceites de oliva con ácidos grasos libres menores a 0,3%, como fue el caso para el tratamiento de fertilización orgánica al suelo en el mes de marzo (Figura 4B), pueden ser caracterizados como de extrema calidad y pueden tener un mayor precio de mercado. Diferencias amplias en el nivel de ácidos grasos libres podrían ser explicadas por amplias diferencias en los métodos de cultivo (suelo, riego, poda, fertilización) y la tasa de enfermedades (Kalarchakis, 2013). Este autor sugirió que los residuos de poda dentro de la finca pueden de alguna manera afectar al fruto indirectamente, quizás conteniendo enfermedades y pestes, aunque se necesita una investigación más profunda para confirmar estas suposiciones. Además de las prácticas de cosecha estándar también hay otros parámetros de post cosecha secundarios tales como presiones que dañan los olivos (Olías & García, 1997).

## Índice $K_{270}$

Los valores promedio de absorción en el ultravioleta (índice  $K_{270}$ ) en los distintos tratamientos en las áreas con o sin cobertura vegetal fueron menores que 0,15 lo que sugeriría que nuestros aceites de oliva tendrían una calidad extra virgen. Esto es similar a los resultados obtenidos por Kalarchakis (2013) en los sistemas de producción orgánica semi-intensiva de olivos de Krya (Creta, Grecia). Valores de  $K_{270}$  menores a 0,20 también serían indicativos de una vida de almacenaje más prolongada y de homogeneidad de los aceites los cuales son características adicionales de calidad en el aceite de oliva debido a que ellos aseguran la longevidad del producto e indican que no ha habido mezcla con otros aceites de oliva. Los menores valores de  $K_{270}$ , índice de peróxidos y ácidos grasos libres en abril que en marzo (Tablas 4 y 5, Figura 4B) sugerirían aceites de mejor calidad en el otoño que a fines de verano, y que las muestras fueron procesadas sin demoras inesperadas en abril respecto a marzo (Kalarchakis, 2013).

## Índice de peróxidos

Los valores promedio de índice de peróxidos en 9 de 16 comparaciones en nuestro estudio para todos los tratamientos y áreas con o sin cobertura vegetal en marzo y en abril fueron menores que 12 mmol  $O_2$ /kg de aceite (Tabla 5). Este resultado es similar al informado por Kalarchakis (2013) en aceite de oliva extra virgen producido en los sistemas de producción orgánica semi-intensiva de olivos en Krya (Creta, Grecia). Los valores promedio de peróxidos fueron menores en abril que en marzo, sugiriendo que la calidad general del fruto antes

de su procesamiento fue mejor en abril que en marzo, con menos heridas y cosechado en el estado óptimo de madurez (Kalarchakis, 2013). En los tratamientos en que los valores promedio de índice de peróxido fueron mayores a 14 mmol O<sub>2</sub>/kg de aceite (Tabla 5) sugiere que la calidad general de los frutos no fue tan buena antes del procesamiento comparado a los otros tratamientos. Heridas causadas durante la cosecha, y demoras previas a la molienda son las razones más posibles para este resultado desde que todos estos parámetros afectan la calidad del aceite de oliva (Shimizu et al., 2008; Yousfi et al., 2012). El Riachy et al. (2017) no hallaron diferencias significativas estadísticamente entre los cultivares 'Baladi' y 'Edlbi' para el índice de peróxidos y el coeficiente de extinción K<sub>270</sub>. Los valores de peróxido obtenidos en marzo en todos los tratamientos en áreas con o sin cobertura vegetal fueron mayores a los informados por Zipori et al. (2023) bajo distintos niveles de fertilización con N (hasta 300 kg/ha/año) bajo condiciones de riego en el cultivar 'Barnea' en Israel. Sin embargo, en abril, sus valores fueron superiores a los obtenidos en este estudio. Los valores de peróxido en el aceite obtenidos por estos autores (8-10 mmol/kg) no fueron afectados por las tasas de aplicación de N.

### Composición de ácidos grasos

En general, la composición porcentual de los ácidos grasos estudiados en el aceite de oliva del cultivar 'Arbequina' (Tabla 6) fue similar a los resultados informados por Ceci et al. (2019) en dicho cultivar en el sudoeste bonaerense. El porcentaje de ácido palmítico en aceites provenientes de árboles regados fue significativamente más alto que en aceites

de árboles expuestos a condiciones de lluvia (El Riachy et al., 2017). Sin embargo, el porcentaje de ácido oleico fue más alto en aceites de árboles expuestos a condiciones de lluvia que en aquellos expuestos a irrigación en el cultivar 'Baladi' (El Riachy et al., 2017). Contrariamente, estos autores informaron que el porcentaje de ácido linoleico no mostró ninguna diferencia significativa entre los regímenes de riego. Con respecto al ácido esteárico, El Riachy et al. (2017) observaron diferencias significativas entre los regímenes de riego solamente en el cultivar 'Edlbi', con mayores porcentajes en aceites obtenidos en árboles expuestos a condiciones de lluvia. Los resultados de estos autores están parcialmente en acuerdo con aquellos obtenidos por Gómez-Rico et al. (2007) y Dabbou et al. (2010), quienes informaron valores más altos de ácido oleico en árboles expuestos a condiciones de lluvia, pero también valores más altos de los ácidos palmítico y linoleico en árboles regados. También hay estudios que indican resultados conflictivos sobre escasos efectos del riego en la composición de ácidos grasos (Servili et al., 2007).

Las concentraciones de los ácidos palmítico, palmitoleico y araquídico en nuestro estudio fueron mayores a las informadas por Zipori et al. (2023) durante un período de 3 años en un sistema de manejo intensivo de fertilización con N, P y K bajo condiciones de riego en el cultivar Barnea en Israel. Estos autores, sin embargo, obtuvieron mayores concentraciones de ácido linoleico, mayores o similares concentraciones de ácido oleico, y similares concentraciones de ácido esteárico.

Zipori et al. (2023) determinaron que las concentraciones de los ácidos grasos

saturados (ácido palmítico, esteárico y araquídico) no fueron afectadas por los niveles de N aplicados. Esto está en acuerdo con los resultados de Dag et al. (2009a) para plantas de olivo regadas en contenedores, pero no con Simoes et al. (2002) que determinaron una correlación significativa negativa entre el nivel de aplicación de N y las concentraciones relativas de ácidos grasos saturados en árboles de olivo bajo condiciones de lluvia. La mayoría de las concentraciones de los ácidos grasos no saturados fueron afectadas por los niveles de aplicación de N. Zipori et al. (2023) hallaron que la concentración de ácido oleico disminuyó, mientras que aquellas de los ácidos palmitoleico, linoleico y linolénico se incrementaron con la aplicación de mayores niveles de N. La relación de los ácidos grasos no saturados/ácidos grasos saturados no fue afectada por los niveles de aplicación de N, pero aquella de los ácidos grasos mono-no saturados/ácidos grasos poli-no saturados y las relaciones de los ácidos oleico/linoleico disminuyeron con mayores niveles de aplicación de N (Zipori et al., 2023). Estas últimas dos observaciones están asociadas con la estabilidad oxidativa y propiedades saludables del aceite de oliva (Gutiérrez et al., 1999) y enfatiza la importancia de un abastecimiento adecuado y controlado al aceite de las aceitunas (Zipori et al., 2023). Sus resultados están en acuerdo con aquellos de Morales-Sillero et al. (2007) y Dag et al. (2009a). Por otro lado, Fernández-Escobar et al. (2006) no hallaron un efecto del nivel de aplicación de N en la composición de los ácidos grasos en plantas de olivo expuestas a condiciones de lluvia. En su estudio, el factor limitante probablemente fue la disponibilidad de agua, y como fue expuesto por otros

autores, las concentraciones de N en sus fincas estudiadas siempre estuvieron por encima de 1,4% en la materia seca de las hojas, considerado el límite mínimo para un adecuado abastecimiento de N. Los informes inconsistentes en relación a los efectos del nivel de aplicación de N sobre la composición de ácidos grasos del aceite de oliva (Simoes et al., 2002; Fernández-Escobar et al., 2006; Morales-Sillero et al., 2007; Dag et al., 2009a) destacan la necesidad de más investigación para identificar factores adicionales que gobiernan el efecto del N, tales como el cultivar, el riego, el nivel nutricional del árbol con otros nutrientes y las condiciones experimentales.

El efecto de la aplicación de P en el rendimiento de árboles de olivo se ha descubierto solo recientemente (Erel et al., 2017; Haberman et al., 2021). Síntomas claros de deficiencia de P en olivo son raros (Jiménez-Moreno et al., 2016; Erel et al., 2017). De acuerdo a lo informado por Zipori et al. (2020), el P se debe aplicar sobre la base de un análisis foliar, tomando 0,1% como valor límite debajo del cual se considera que hay deficiencia de P. Algunos estudios han reclamado que los olivos no requieren fertilización con P, especialmente si los mismos crecen en suelos ricos en materia orgánica (Christopoulou et al., 2021). Estos estudios se basaron en la presencia de grandes cantidades de P total en la mayoría de los suelos que evaluaron por un lado, y un sistema radical extensivo de los olivos asociado a la simbiosis con las micorrizas por otro lado (Dag et al., 2009b). Por lo tanto, el número de estudios que han investigado el efecto de la fertilización con P en la calidad y composición del aceite de oliva es limitado. En el estudio de Zipori et al.

(2023) la concentración de P en las hojas en las parcelas que no fueron fertilizadas estuvo por debajo del valor límite de 0,1% solo en el quinto año del estudio.

Las concentraciones relativas de ácidos grasos en el aceite en el estudio de Zipori et al. (2023) no fueron afectadas por los niveles de fertilización con P. Esto está en desacuerdo con los resultados de Dag et al. (2009a), quienes hallaron una reducción en ácido oleico y un incremento en las concentraciones de los ácidos linoleico y linolénico con mayores niveles de P.

## BIBLIOGRAFÍA

- APARICIO, R. & G. LUNA, 2002. Characterization of monovarietal virgin olive oils. *European Journal of Lipid Science and Technology* 104: 614–27.
- ARBONÉS, A., J. RUFAT, M.A. PÉREZ, M. PASCUAL, A. BENITO, C. DE LORENZO, J.M. VILLAR & B. SASTRE, 2022. The influence of olive tree fertilization on the phenols in virgin olive oils. A review. *Grasas y Aceites* 73: e470.
- BELTRÁN, G., C. DEL RIO, S. SÁNCHEZ & L. MARTÍNEZ, 2004. Influence of Harvest Date and Crop Yield on the Fatty Acid Composition of Virgin Olive Oils from Cv. Picual. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 3434–40.
- BEN-GAL, A., A. DAG, L. BASHEER, U. YERMIYAHU, I. ZIPORI & Z. KEREM, 2011. The influence of bearing cycles on olive oil quality response to irrigation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59:11667–75.
- BLANCO, M., N. AMIOTTI & J. A. RUIZ, 2003. Reconstrucción de la evolución geo-pedogenética en una toposecuencia del sudoeste pampeano. *Ciencia del Suelo* 21: 59–70.
- BOCCHI PACHECO, M., 2022. Logística: Medición de tiempos de levante para empresas exportadoras de aceite de olivo de La Rioja, Argentina. Trabajo Final de Grado. Manuscrito científico.
- Universidad Siglo 21. 27 p. Recuperado de <https://repositorio.21.edu.ar/bitstream/handle/ues21/27871/TFG%20-%20Bocchi%20Pacheco%20Martina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CAPORASO, N., 2016. Virgin Olive Oils: Environmental Conditions, Agronomical Factors and Processing Technology Affecting the Chemistry of Flavor Profile. *Journal of Food Chemistry and Nanotechnology* 2: 21–31.
- CARCIOFI, I., J. P. GUEVARA LYNCH, y N. MASPI, N., 2022. Olivicultura en Argentina. Aprendiendo de la experiencia internacional: políticas públicas para el desarrollo sostenible del sector. Documento Nro. 26. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Ministerio de Desarrollo Productivo Argentina. p. 6-8. Recuperado de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2022/05/26\\_-\\_olivicultura\\_-\\_arg.\\_productiva.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2022/05/26_-_olivicultura_-_arg._productiva.pdf)
- CASTELLVI, F., I. MORMENEO & PEREZ, P. J. (2004). Generation of daily amounts of precipitation from standard climatic data: a case study for Argentina. *Journal of Hydrology* 289: 286–302. 10.1016/j.jhydrol.2003.11.027
- CECI, L. N., A. PEZZUTTI, C. GATICA, M. T. GONZALEZ & A. A. CARELLI ALBARRACIN, (2019). Aceites de oliva vírgenes producidos en la Costa Atlántica Argentina: Calidad química y sensorial. *Aceites y Grasas* 2: 294–302.
- CHRISTOPOULOU, N., T. CHATZISTATHIS, E.M. PAPATHEODOROU, V. ASCHONITIS & N. MONOKROUSOS, 2021. The crucial role of soil organic matter in satisfying the phosphorus requirements of olive trees (*Olea europaea* L.). *Agriculture* 11:111.
- CIMATO, A. 1990. La calidad del aceite de oliva virgen y los factores agronómicos. *Olivae* 31: 20–31.
- CINCUNEGUI, C., B. LUPÍN, L. TEDESCO, S. PÉREZ, L. FERNÁNDEZ, C. ROLDÁN & D. LOBOSCO, 2019. Consumo y territorio. Aceite de oliva producido en el Sudoeste Bonaerense. En: II Pre Congreso

- Argentino de Desarrollo Territorial y I Jornadas Patagónicas de Intercambio Disciplinar sobre Desarrollo y Territorio, Bariloche, 29-30 abril.
- DAASONS S.A., 2013. Recuperado de [www.daasons.com.ar/index.php/Action/bio-organutsaandmain/productos](http://www.daasons.com.ar/index.php/Action/bio-organutsaandmain/productos).
- DABBOU, S., H. CHEHAB, B. FATEN, S. DABBOU, S. ESPOSTO, R. SELVAGGINI, A. TATICCHI, M. SERVILI, G. F. MONTEDORO & M. HAMMAMI, 2010. Effect of three irrigation regimes on Arbequina olive oil produced under Tunisian growing conditions. *Agricultural Water Management* 97: 763–68.
- DAG, A., E. BEN-DAVID, Z. KEREM, A. BEN-GAL, R. EREL, L. BASHEER & U. YERMIYAHU, 2009a. Olive oil composition as a function of nitrogen, phosphorus and potassium plant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 1871–78.
- DAG, A., U. YERMIYAHU, A. ALON BEN-GAL, A. ZIPORI & Y. KAPULNIK, 2009b. Nursery and post-transplant field response of olive trees to arbuscular mycorrhizal fungi in an arid region. *Crop and Pasture Science* 60: 427–33.
- DAG, A., Z. KEREM, N. YOGEV, I. ZIPORI, S. LAVEE & E. BEN-DAVID, 2011. Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality. *Scientia Horticulturae* 127: 358–66.
- DAG, A., R. EREL, Z. KEREM, A. BEN-GAL, N. STERN, A. BUSTAN, I. ZIPORI & U. YERMIYAHU, 2016. Effect of nitrogen availability on olive oil quality. *Acta Horticulturae* 1199: 465–70.
- ELÍAS, S. & A. BARBERO, 2017. Situación del oleoturismo y lineamientos para su desarrollo en la región del sudoeste bonaerense, Argentina. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo* 13: 91–104.
- EL QARNIFA, S., A. EL ANTARI & A. HAFIDI, 2019. Effect of Maturity and Environmental Conditions on Chemical Composition of Olive Oils of Introduced Cultivars in Morocco. *Journal of Food Quality* 2019: article # 1854539.
- EL RIACHY, M., A. HABER, S.A. DAYA, G. JEBBAWI, G. AL HAWI, V. TALEJ, M. HOUSSEIN & A. EL HAJJ, 2017. Influence of irrigation regimes on quality attributes of olive oils from two varieties growing in Lebanon. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology* 2: 895–905.
- EREL, R., Z. KEREM, A. BEN-GAL, A. DAG, A. SCHWARTZ, I. ZIPORI, L. BASHEER & U. YERMIYAHU, 2013. Olive (*Olea europaea* L.) Tree Nitrogen Status Is a Key Factor for Olive Oil Quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61: 11261–72.
- EREL, R., A. BEN-GAL, A. DAG, A. SCHWARTZ & U. YERMIYAHU, 2014. Sodium replacement of potassium in physiological processes of olive trees (var. Barnea) as affected by drought. *Tree Physiology* 34: 1102–17.
- EREL, R., Y. YERMIYAHU, A. BEN-GAL & A. DAG, 2017. Olive fertilization under intensive cultivation management. *Acta Horticulturae* 1217: 207–224.
- FAOSTAT, 2022. Crops and livestock products. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Statistical Database. Rome. Disponible online: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Acceso el 28 de noviembre 2023).
- FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., G. BELTRÁN, M.A. SÁNCHEZ-ZAMORA, J. GARCÍA-NOVELO, M.P. AGUILERA & M. UCEDA, 2006. Olive oil quality decreases with nitrogen over-fertilization. *HortScience* 41: 215–19.
- FERREIRA, I.Q., M. ARROBAS, J. MOUTINHO-PEREIRA, C. CORREIA & M.Á. RODRIGUES, 2018. Olive response to potassium applications under different water regimes and cultivars. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 112: 387–401.
- FERREIRA, I., M.Á. RODRIGUES & M. ARROBAS, 2019. Soil and foliar applied boron in olive: Tree crop growth and yield, and boron remobilization within

- plant tissues. *Spanish Journal of Agricultural Research* 17: e0901.
- GAVAHIAN, M., A. MOUSAVI KHA-NEGHAH, J.M. LORENZO, P.E.S. MUNEKATA, I. GARCIA-MANTRANA, M.C. COLLADO, A.J. MELÉNDEZ-MARTÍNEZ & F.J. BARBA, 2019. Health benefits of olive oil and its components: Impacts on gut microbiota antioxidant activities, and prevention of noncommunicable diseases. *Trends in Food Science and Technology* 88: 220–27.
- GEORGIA OLIVE FARMS, 2012. Developing the olive industry in the southeastern USA. A study for Georgia olive farms. A study for Georgia olive farms. Surrey Hills Victoria, Australia, Paul Miller and Associates. p. 1-37. <https://georgiaolivefarms.com/gof/wp-content/themes/southpaw-gof/docs/Georgia-Olive-Farms-Developing-The-Olive-Industry.pdf>
- GÓMEZ-RICO, A., M.D. SALVADOR, A. MORIANA, D. PÉREZ, N. OLMEDILLA, F. RIBAS & G. FREGAPANE, 2007. Influence of different irrigation strategies in a traditional Cornicabra cv. Olive orchard on virgin olive oil composition and quality. *Food Chemistry* 100: 568–78.
- GUERRERO RIASCOS, R. 2004. Propiedades generales de los fertilizantes sólidos: manual técnico (No. Doc. 24634) COBAC, Bogotá.
- GUEVARA-RAMÍREZ, W., C. MORALES-LETZKUS, I. MARTÍNEZ-DE-ALAGRÍA & R. M. RÍO-BELVER, 2023. Commercial maps of the main Latin American countries in the international olive oil market. *Spanish Journal of Agricultural Research* 21: e0101, 15 pages. <https://doi.org/10.5424/sjar/2023211-19179>
- GUITIERREZ-ROSALES, F., S. PERDIGUERO, R. GUITIERREZ & J.M. OLIAS, 1992. Evaluation of bitter taste in virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 69: 394–95.
- GUTIÉRREZ, F., B. JIMENEZ, A. RUIZ & M.A. ALBI, 1999. Effect of olive ripeness on the oxidative stability of virgin olive oil extracted from the varieties Picual and Hojiblanca and on the different components involved. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47:121–27.
- HABERMAN, A., A. DAG, N. SHTERN, I. ZIPORI, R. EREL, A. BEN-GAL & U. YERMIYAHU, 2019a. Significance of proper nitrogen fertilization for olive productivity in intensive cultivation. *Scientia Horticulturae* 246: 710–17.
- HABERMAN, A., A. DAG, N. SHTERN, I. ZIPORI, R. EREL & A. BEN-GAL, 2019b. Long-term impact of potassium fertilization on soil and productivity in intensive olive cultivation. *Agronomy* 9: 525.
- HABERMAN A., A. DAG, R. EREL, I. ZIPORI, N. SHTERN, A. BEN-GAL, U. YERMIYAHU, 2021. Long-term impact of phosphorous fertilization on yield and alternate bearing in intensive irrigated olive cultivation. *Plants* 10: 1821.
- HIDALGO MOYA J.C., A. LEYVA., J. HIDALGO, D. PÉREZ & V. VEGA, 2020. La Fertilización Foliar en Olivar. Corrección de Carencias Nutricionales. Junta de Andalucía. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible: Córdoba. 1-19 p. <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/6379c212-eb77-4251-9e9a-db6665f3b4ba>
- IVARS, O. A & O. A. CARBALLO-HIRAMATSU, 2023. Los avatares de la olivicultura argentina en la región cuyana. *RIVAR* 10: 70-88. <https://doi.org/10.35588/rivar.v10i30.5750>
- JIMÉNEZ-MORENO, M.J. & R. FERNÁNDEZ-ESCOBAR, 2016. Response of young olive plants (*Olea europaea*) to phosphorus application. *HortScience* 51:1167–70.
- KALARCHAKIS, I. 2013. Attribute analysis and quality assessment of extra virgin olive oil produced in Sitia, Crete, Greece. (M.Sc. Thesis). Cranfield University, Greece.

- LEV, M. 2016. Destacan la calidad y la producción del aceite de oliva del sudoeste bonaerense. Télam-Agencia Nacional de Noticias.
- LOPES, J.I., A. GONÇALVES, C. BRITO, S. MARTINS, L. PINTO, J. MOUTINHO-PEREIRA, S. RAIMUNDO, M. ARROBAS, M.Â. RODRIGUES & C.M. CORREIA, 2021. Inorganic Fertilization at High N Rate Increased Olive Yield of a Rainfed Orchard but Reduced Soil Organic Matter in Comparison to Three Organic Amendments. *Agronomy* 11: 2172.
- LUACES, P., A.G. PEREZ & C. SANZ, 2003. Role of olive seed in the biogenesis of virgin olive oil aroma. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 4741–45.
- MAESTRO DURÁN, R. & R. BORJA PADILLA, 1990. La calidad del aceite de oliva en relación con la composición y maduración de la aceituna. *Grasas y aceites* 41: 171–78.
- MAESTRO DURÁN R., R. LEÓN CABELLO & V. RUIZ GUTIERREZ, 1994. Compuestos fenólicos del olivo (*Olea europaea*). *Grasas y aceites* 45: 265–69.
- MARTINS, S., E. SILVA, C. BRITO, C. MARTINS-GOMES, A. GONÇALVES, M. ARROBAS, M.Â. RODRIGUES, C.M. CORREIA & F.M. NUNES, 2022. Zeolites and biochar modulate olive fruit and oil polyphenolic profile. *Antioxidants* 11: 1332.
- MORALES-SILLERO, A., R. JIMÉNEZ, J.E. FERNÁNDEZ, A. TRONCOSO & G. BELTRÁN, 2007. Influence of fertigation in 'Manzanilla de Sevilla' olive oil quality. *HortScience* 42: 1157–62.
- MORALES-SILLERO, A., J.E. FERNÁNDEZ & A. TRONCOSO, 2011. Pros and cons of olive fertigation: influence on fruit and oil quality. *Acta Horticulturae* 888: 269–275.
- NEVES, B. & I.M. PIRES, 2018. The Mediterranean Diet and the Increasing Demand of the Olive Oil Sector: Shifts and Environmental Consequences. *Region* 5: 101–112.
- OLIAS, J.M. & J.M. GARCIA, 1997. Olive. In: Mitra, S.K. (Eds). *Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. CAB International.
- PASTOR, R., C. BOUZAS & J. A-TUR, 2021. Beneficial effects of dietary supplementation with olive oil, oleic acid, or hydroxytyrosol in metabolic syndrome: systematic review and meta-analysis. *Free Radical Biology and Medicine* 172: 372–85.
- PATUMI, M., R. D'ANDRIA, G. FONTANAZZA, G. MORELLI, P. GIORI & G. SORRENTINO, 1999. Yield and oil quality of intensively trained trees of three cultivars of olive under different irrigation regimes. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 74: 729–37.
- PEDAN, V., M. POPP, S. ROHN, M. NYFELER & A. BONGARTZ, 2019. Characterization of Phenolic Compounds and Their Contribution to Sensory Properties of Olive Oil. *Molecules* 24, 2041.
- PÉREZ-JIMÉNEZ, F., J. RUANO, P. PEREZ-MARTINEZ, F. LOPEZ-SEGURA & J. LOPEZ-MIRANDA, 2007. The influence of olive oil on human health: not a question of fat alone. *Molecular Nutrition and Food Research* 51: 1199–1208.
- RENZI, J.P., 2009. Efecto de la estructura del cultivo y el grado de madurez a cosecha sobre el rendimiento y la calidad de semillas de *Vicia sativa* L y *V. villosa* Roth, bajo riego. (Tesis de Magister en Ciencias Agrarias), Universidad Nacional del Sur, Argentina.
- RODRÍGUEZ-LÓPEZ, P., J. LOZANO-SANCHEZ, I. BORRÁS-LINARES, T. EMANUELLI, J.A. MENÉNDEZ & A. SEGURA-CARRETERO, 2020. Structure–biological activity relationships of extra-virgin olive oil phenolic compounds: health properties and bioavailability. *Antioxidants* 9: 685.
- ROMERO, M.P., M.J. TOVAR, J. GIRONA & M.J. MOTILVA, 2002. Changes in the HPLC phenolic profile of virgin olive oil

- from young trees (*Olea europaea* L. cv Arbequina) grown under different deficit irrigation regimes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 5349–54.
- ROSATI, A., S. CAPORALI & A. PAOLETTI, 2015. Fertilization with N and K increases oil and water content in olive (*Olea europaea* L.) fruit via increased proportion of pulp. *Scientia Horticulturae* 192: 381–86.
- SERVILLI, M., S. ESPOSTO, E. LODONINI, R. SELVAGINI, A. TATICCHI, S. URBANI, G.F. MONTEODORO, M. SERRAVALLE & R. GUCCI, 2007. Irrigation effects on quality, phenolic composition and selected volatiles of virgin olive oils cv. Leccino. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 6609–18.
- SHIMIZU, M., N. KUDO, Y. NAKAJIMA, N. MATSUO, Y. KATSURAGI, I. TOKIMITSU, I. BARCELO, C. MATEU & F. BARCELO, 2008. Acidity and DAG content of olive oils recently produced on the Island of Mallorca. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 85: 1051–1056.
- SIERRA BERNAL, C., 2009. Manejo del Suelo y Fertilización del Olivo. In F. Tapia, A. Ibacache, C. Sierra, P. Larraín, F. Riveros, and L. Martínez (Eds), *Seminario manejo agronómico industrial olivícola* (pp. 23–49). Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA).
- SIMÕES, P., C. PINHEIRO-ALVES, A.M. CORDEIRO & M.E. MARCELO, 2002. Effect of the nitrogen and potassium fertilization on fatty acids composition and oxidative stability for 'Carrasquenha' cultivar olive oil at different harvest periods-preliminary study. *Acta Horticulturae* 586: 337–40.
- TOUS, J., A. ROMERO, J. PLANA, L. GUERRERO, I. DIAZ & F. HERMOSO, 1997. Características de los aceites de oliva virgen de la variedad arbequina. *Fruticultura Profesional* 88: 118–24.
- TOVAR, M.J., M.P. ROMERO & M.J. MOTILVA, 2001. Changes in the phenolic composition of olive oil from young trees (*Olea europaea* L. Cv. Arbequina) grown under linear irrigation strategies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 5502–08.
- TOVAR, M.J., M.P. ROMERO, S. ALEGRE, J. GIRONA & M.J. MOTILVA, 2002a. Composition and organoleptic characteristics of oil from Arbequina olive (*Olea europaea* L.) trees under deficit irrigation. *Journal of the Science and Food and Agriculture* 82: 1755–63.
- TOVAR, M.J., M.P. ROMERO, J. GIRONA & M.J. MOTILVA 2002b. L-Phenylalanine ammonia-lyase activity and concentration of phenolics in developing fruit of olive tree (*Olea europaea* L. Cv. Arbequina) grown under different irrigation regimes. *Journal of the Science and Food and Agriculture* 82: 892–98.
- YOUSFI, K., C.M. WEILAND & J.M. GARCÍA, 2012. Effect of harvesting system and fruit cold storage on virgin olive oil chemical composition and quality of superintensive cultivated 'Arbequina' olives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60: 4743–50.
- ZIPORI, I., R. EREL, U. YERMIYAHU, A. BEN-GAL & A. DAG, 2020. Sustainable Management of Olive Orchard Nutrition: A Review. *Agriculture* 10, 11.
- ZIPORI, I., U. YERMIYAHU, A. DAG, R. EREL, A. BEN-GAL, L. QUANB & Z. KEREM, 2023. Effect of macronutrient fertilization on olive oil composition and quality under irrigated, intensive cultivation management. *Journal of The Science of Food and Agriculture* 103:48–56.

Recibido: 04/2023

Aceptado: 07/2023