

Effects of fertilization, cover crop and harvest time on olive characteristics cultivated under irrigation in Bahía Blanca

Efectos de la fertilización, el cultivo de cobertura y el momento de cosecha sobre las características de las aceitunas cultivadas bajo riego en Bahía Blanca

Busso, M. A.^{1*}; Rodríguez, R. A.¹ & Suñer, L.^{1,2}



¹Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur – UNS. Bahía Blanca, Argentina.

²Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires; (8000) Bahía Blanca, Argentina.

*Autor de correspondencia: mariano.busso29@gmail.com

Recibido: 19/03/2024

Aceptado: 18/10/2024

ABSTRACT

Busso, M. A.; Rodríguez, R. A. & Suñer, L. (2025). Effects of fertilization, cover crop and harvest time on olives characteristics cultivated under irrigation in Bahía Blanca. *Horticultura Argentina* 44 (113): 54-78. <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/24ywh3y2p>

The objective of this work was to assess the effects of fertilization, cover crop and harvest time on various fruit traits of olive (*Olea europaea*), cv. 'Arbequina'. Studies were conducted during the growing season 2020/2021 in the southwest of the Province of Buenos Aires, Argentina. Fertilization treatments were an organic manure applied to the soil, inorganic fertilization applied to the soil or leaves of olive trees, and an unfertilized control. In turn, a mixture of *Vicia benghalensis* with *Avena sativa* was either implanted or not

(control) as a cover crop. The fresh weight of fruits (g), maturity index, olive yield/tree (g), and humidity and oil percentages of fresh fruits were determined. Each of these variables was at least 18.5% greater ($p<0.05$) in April than in March 2021, but the percentage of oil in the fruits was 45.3% greater ($p<0.05$) in March than in April of the same year. The fresh weight, maturity index, fruit yield, and percentages of humidity and oil in the fruits in all treatments fluctuated on average ($p>0.05$) between 1 and 1.9 g.fruit⁻¹, 0.66 and 2.25, 1849 and 6643 g.tree⁻¹, 54.8 and 69.3 %, and 5.4 and 9.5 %, respectively.

Keywords: fresh weight, maturity index, mineral nutrition, olive oil, yield.

RESUMEN

Busso, M. A.; Rodríguez, R. A. & Suñer, L. (2025). Efectos de la fertilización, el cultivo de cobertura y el momento de cosecha sobre las características de las aceitunas cultivadas bajo riego en Bahía Blanca. *Horticultura Argentina* 44 (113): 54-78.
<https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/24ywh3y2p>

Se evaluaron los efectos de la fertilización, la cobertura del suelo y la fecha de cosecha sobre varias características del fruto en olivo (*Olea europaea*), cultivar 'Arbequina'. Los estudios se efectuaron durante la estación de crecimiento 2020/2021 en el suroeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Los tratamientos de fertilización fueron un abono orgánico aplicado al suelo, fertilización inorgánica del suelo o las hojas, y un control no fertilizado. A su vez, se evaluó el cultivo con y sin una mezcla

de Vicia benghalensis con Avena sativa como cultivo de cobertura. Se determinaron el peso fresco de los frutos (g), índice de madurez, rendimiento de aceitunas por árbol (g), porcentajes de humedad y de aceite en frutos frescos. Cada una de estas variables fue al menos 18,5% mayor ($p<0,05$) en abril que en marzo 2021, excepto el porcentaje de aceite en las aceitunas que fue 45,3% mayor ($p<0,05$) en marzo que en abril del mismo año. El peso fresco, índice de madurez, rendimiento de frutos, y porcentajes de humedad y de aceite de los frutos en todos los tratamientos fluctuaron en promedio ($p>0,05$) entre 1 y 1,9 g.aceituna-1; 0,66 y 2,25; 1849 y 6643 g.árbol-1; 54,8 y 69,3 % y 5,4 y 9,5 %, respectivamente.

Palabras claves: aceite de oliva, índice de madurez, nutrición mineral, peso fresco, rendimiento.

1. Introducción

Existen diversas investigaciones donde se evaluaron los efectos de las fuentes de fertilización sobre las características de las aceitunas (Haberman 2019; Haberman *et al.*, 2021; Martins *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2023). Sin embargo, estos estudios no han considerado los efectos de la fertilización conjuntamente con la utilización de los cultivos de cobertura entre las plantaciones de olivo; en este sentido, nos planteamos establecer el estudio de los efectos de distintos métodos de fertilización con un cultivo de cobertura sobre las características del fruto y en dos momentos de cosecha de olivos bajo riego del sudoeste bonaerense.

El olivo (*Olea europaea* L.), familia Oleaceae, es la especie de árbol perenne con mayor cantidad de hectáreas en el mundo (FAOSTAT, 2022). 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, aunque representó solo cerca del 1 % de la producción de aceite total mundial en 2019 (Guevara-Ramírez *et al.*, 2023; Ivars y Carballo-Hiramatsu, 2023), con más de 150.000 ha implantadas con olivo en nuestro país (Carciofi *et al.*, 2022), concentrándose, la producción de aceitunas en las provincias de La Rioja, Mendoza, San Juan y Catamarca (Bocchi Pacheco, 2022).

La región sudoeste de la provincia de Buenos Aires, es ecológicamente apta para el cultivo del olivo y conforme a estudios de "huella ecológica", este se utiliza para atenuar el avance de

la desertificación en la región (Goñi y Laurent, 2020). Esta región tiene ventajas competitivas derivadas del puerto de mayor calado del país (puerto de Ingeniero White), un adecuado sistema de transporte y servicios para la comercialización y el desarrollo general de la actividad (Cincunegui *et al.*, 2019).

El interés de los productores en incluir cultivos de cobertura de suelo entre las hileras de plantas de olivo se ha incrementado debido a los beneficios de conservación (Sánchez *et al.*, 2007; Oliveira *et al.*, 2019).

Das *et al.* (2020) informaron que el uso continuo de abonos verdes mejoró el contenido de materia orgánica y suplementó el contenido de nutrientes del suelo, lo cual mejora las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo; dependiendo de la cantidad y calidad del residuo, el tipo, fertilidad, acidez, actividad biológica, humedad y temperatura del suelo. Sarwar *et al.* (2010) informaron que la utilización de abono verde incrementó el pH del suelo; mejoró el porcentaje de materia orgánica, nitrógeno (N) y carbono (C), generando una reducción neta en la relación C/N, e incrementó las concentraciones de fósforo (P) y potasio (K) en el suelo.

Productores olivícolas del sudoeste bonaerense usan la fertilización foliar (de 2 a 3 anuales) con macronutrientes (N, P y K) como único método para incrementar la producción. Sin embargo, este tipo de aplicación es recomendado en micronutrientes, tal como boro (B), hierro (Fe), y manganeso (Mn).

Investigaciones previas han mostrado que la aplicación de fertilizantes puede jugar un rol importante en el rendimiento de aceitunas, pero no todos los estudios han mostrado resultados consistentes (Ferreira *et al.*, 2020; Lopes *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2021). Regni y Proietti (2019), demostraron que la concentración de agua, el peso seco, la concentración de aceite (sobre una base de peso fresco) y el índice de madurez en frutos de olivo fueron similares con o sin fertilización foliar con N durante un período de estudio de cuatro años.

Por su parte, Silva *et al.* (2023) informaron que la disminución en el peso fresco del fruto, peso fresco de la pulpa y relación pulpa/carozo observadas en los tratamientos que no recibieron N, K o B, fue probablemente debida a una reducción en la capacidad fotosintética, que puede reducir la disponibilidad de fotosintatos (Fernández *et al.*, 2018). En realidad, los datos de fotosíntesis neta de Silva *et al.* (2023) mostraron menores valores donde el P, especialmente el N, K o B fueron excluidos del fertilizante en setiembre en Portugal, usualmente un período de importante crecimiento del fruto bajo condiciones de lluvia. Estas respuestas no estuvieron asociadas con el nivel hídrico foliar desde que la aplicación de fertilizantes no afectó los valores de contenido relativo de agua, indicando que los efectos sobre la fotosíntesis estuvieron más asociados con los niveles de nutrientes foliares y su rol en el proceso fotosintético.

En el estudio de Silva *et al.* (2023), el índice de madurez no varió consistentemente con el año de investigación. La producción de aceitunas en los 3 años de estudio no fue muy diferente en la mayoría de los tratamientos de fertilización, indicando que no se observó un claro modelo de comportamiento alternativo; además, la decisión sobre la fecha de cosecha no consideró el estado de maduración de los frutos. De esta manera, no fue posible establecer una relación entre la carga frutal y el índice de madurez. Más aún, la aplicación de fertilizantes no pareció por sí misma afectar la maduración del fruto. Minas *et al.* (2021), sin embargo, determinaron que la maduración tiende a ser demorada en árboles con una alta carga de frutas comparado a aquellos con una baja producción. Las principales razones que justificaron el índice de madurez más alto en uno de los años fueron la cosecha más tardía y

la mayor relación entre la temperatura y la acumulación de calor promedio a fines de verano. Como fue informado por Mafrica *et al.* (2021), menores temperaturas reducen el crecimiento y desarrollo del fruto y demoran la maduración. En el estudio de Emmanouilidou *et al.* (2020) se determinó que el índice de madurez basado en el color de la pulpa se desarrolló en forma lineal con el tiempo, pero en forma diferente entre cultivares locales (por ejemplo, 'Ladoelia', 'Kato Drys' y 'Korakou'). Por otra parte, Rodrígues *et al.* (2019) obtuvieron que la fertilización con N demoró la maduración de las aceitunas.

Una reducción en el número de flores y establecimiento de frutos comúnmente fue observada en fincas de olivo poco fertilizadas con N (Rodrígues *et al.*, 2011). Estos autores observaron una reducción en el rendimiento en árboles mantenidos por 4 años sin N en comparación a aquellos regularmente fertilizados. Haberman *et al.* (2019) determinaron una reducción en el rendimiento de aceitunas después de una prolongada y severa deficiencia de K. En el estudio de Silva *et al.* (2023), los fertilizantes NPKB incrementaron los promedios del peso de la aceituna y la relación pulpa/carozo.

Conte *et al.* (2019) informaron que las propiedades nutricionales de las aceitunas pueden ser influenciadas por prácticas agronómicas tales como el riego y la fertilización, también por el estado de madurez del fruto. La madurez del fruto, por ejemplo, puede afectar variables nutricionales de las aceitunas tales como la concentración de aceite (Conte *et al.*, 2019). Silva *et al.* (2023) indicaron una clara tendencia por una menor concentración de aceite en las aceitunas cuando el K estuvo ausente en el fertilizante.

El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de la fertilización, de la cobertura del suelo y de la fecha de cosecha sobre el peso, el índice de madurez, el rendimiento, el contenido de humedad y el contenido de aceite del fruto en olivos cv. 'Arbequina' durante la estación de crecimiento 2020/2021.

2. Materiales y Métodos

2.1. Sitio de estudio:

El estudio se realizó en el Distrito de Bahía Blanca (38°34'S, 61°59'O), Provincia de Buenos Aires (Argentina), en una finca comercial de olivos bajo riego, perteneciente al establecimiento "Nobles Caciques S.R.L.", durante el ciclo de crecimiento 2020/2021. Durante dicho ciclo, la precipitación fue de 612,9 mm (información obtenida de la estación meteorológica del Centro Regional de Investigaciones Básicas y Aplicadas Bahía Blanca= CRIBABB-CONICET). Los restantes registros de lluvia y temperatura para la ciudad de Bahía Blanca fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Las temperaturas promedio mensuales más bajas (período 1991-2020) se registraron en julio (2,4 °C) y las más altas en enero (31,2 °C). Las temperaturas absolutas máxima y mínima registradas durante el período 1961-2023 fueron 43,8 °C y -11,8 °C, respectivamente. La precipitación y temperatura anual promedio (período 1991-2020) fueron de 639,1 mm y 15 °C, respectivamente. Las distancias entre el CRIBABB y Bahía Blanca respecto del sitio de estudio son de 10 y 20 km, respectivamente. Los suelos son clasificados como Paleustoles Petrocálicos (Blanco *et al.*, 2003). El análisis de las propiedades fisicoquímicas del suelo efectuado el 19 de abril 2021 en el sitio de estudio fue informado por Busso *et al.* (2024).

La base teórica acerca de los requerimientos de nutrientes de olivos regados (espaciados 2x 4 m) que fundamenta la aplicación de los fertilizantes efectuada en este estudio fue informada

en un estudio previo (Malek y Mustapha, 2013). Estos autores establecieron un programa de fertilización con el propósito de optimizar el rendimiento de *Olea europaea* L. cv. Arbequina utilizando análisis foliar como una herramienta diagnóstico y el análisis de elementos exportados por dicha especie (en frutos, hojas y tejidos leñosos).

2.2. Diseño Experimental:

El diseño experimental general incluyó 3 factores de diferente jerarquía. Los tres factores estudiados fueron cultivo de cobertura del suelo (2 niveles), fertilización (4 niveles) y fecha de cosecha (2 niveles) (Figura 1 y Tabla 1). Se aplicaron 16 tratamientos con 3 repeticiones. El diseño fue en parcelas subdivididas transversal y longitudinalmente. Las unidades experimentales principales fueron 6 parcelas de 48 m longitud por 4 m de ancho cada una, con 2 niveles de cultivo de cobertura del suelo (3 parcelas con cultivo de cobertura y 3 parcelas sin cultivo de cobertura). Las unidades experimentales secundarias A, fueron 4 subparcelas transversales (6 m de longitud por 4 m de ancho cada una) donde se aplicaron los 4 niveles de fertilización (1 nivel de fertilización por subparcela). El espaciamiento entre subparcelas fue de 6 m de longitud por 4 m de ancho, para evitar efectos de borde. Cada subparcela se formó por 8 árboles (total de 192 árboles). Los árboles se seleccionaron al azar, distribuidos en 2 hiladas de 4 plantas cada una y en cada subparcela. El marco de plantación de los olivos fue de 4 m x 1,5 m. Las unidades experimentales secundarias B, fueron 2 subparcelas longitudinales con dos fechas de cosecha en 2021, una cosecha el 15 de marzo (inicio de la maduración de los frutos) y otra el 15 de abril (período de cosecha comercial normal).

2.3. Cultivos de cobertura:

Se implantó una consociación de *Vicia benghalensis* L. con *Avena sativa* L. de disposición interfilar (Figura 2). 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 estudio (2020) y, posteriormente, la resiembra fue natural. Las semillas se ubicaron entre 3 y 5 cm de profundidad utilizando una sembradora a chorillo con abresurcos monodiscos en líneas separadas a 20 cm. La cantidad de semilla utilizada para obtener la densidad propuesta fue de 57,1 kg.ha⁻¹ para *V. benghalensis* y 36,9 kg.ha⁻¹ para *A. 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 desprovisto de vegetación mediante el uso de una rastra excéntrica con rolo y posteriores aplicaciones de herbicidas (Figura 2). Los camellones se mantuvieron sin malezas usando control químico con herbicidas cuando las malezas eran de gran tamaño, y control con una desmalezadora manual cuando las plantas de pequeño tamaño.

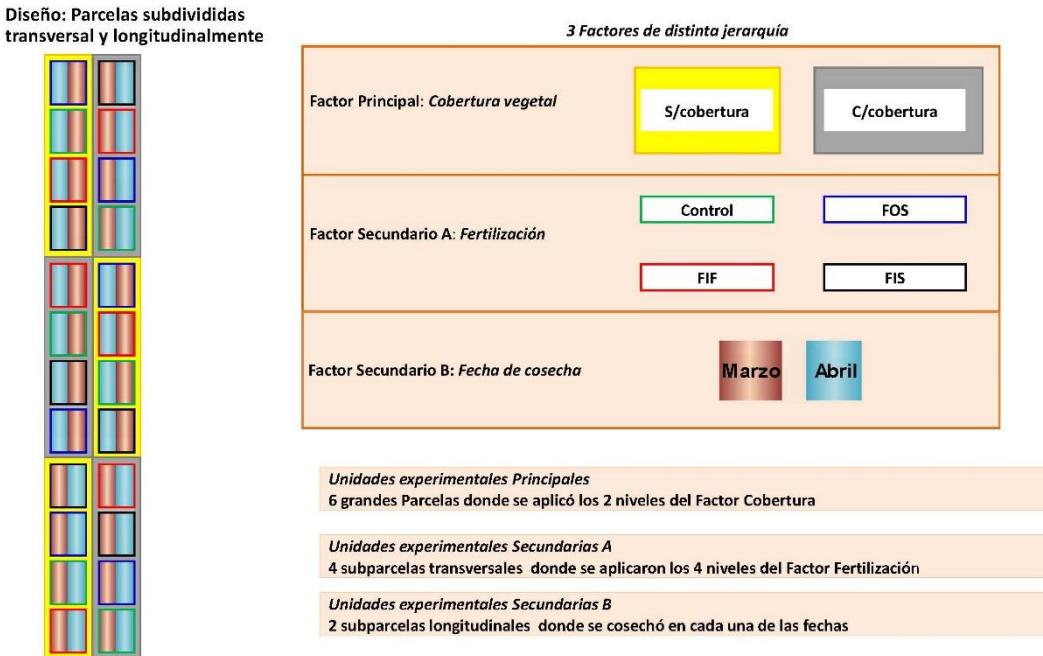


Figure 1: Experimental design to determine various olive parameters in areas with or without a cover crop. In such areas, soil or foliar fertilizations were either conducted or not (i.e., control). The study was performed during the 2020/2021 growing season. The fruit (i.e., olives) harvesting dates were March and April 2021. Control: Unfertilized; FOS: Organic fertilization to the soil; FIF: Inorganic foliar fertilization; FIS: Inorganic fertilization to the soil. Data were obtained in an orchard nearby Bahía Blanca, Province of Buenos Aires, Argentina.

Figura 1: Diseño experimental para determinar varios parámetros en las aceitunas en áreas con o sin un cultivo de cobertura. En dichas áreas se efectuaron o no (control) fertilizaciones del suelo o foliares. El estudio se efectuó durante la estación de crecimiento 2020/2021. La fecha de cosecha de los frutos fue en marzo y abril 2021. Control: No fertilizado; FOS: Fertilización orgánica del suelo; FIS: Fertilización inorgánica del suelo; FIF: Fertilización inorgánica foliar. La información fue obtenida en una finca cercana a Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

2.4. Fertilización del suelo:

La fertilización del suelo se efectuó utilizando un fertilizante orgánico “BioOrganutsa” y una mezcla de 3 fertilizantes inorgánicos. Las fertilizaciones orgánica e inorgánica al suelo se efectuaron en septiembre de 2020 durante las etapas fenológicas de estado invernal y brotación. “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 fue aplicada a 1778 kg.ha^{-1} . Sus características químicas se incluyen en las Tablas 2 y 3.

Table 1: Treatments applied during the study. With a cover crop: CCC, Without a cover crop: SCC; Sampling in March 2021: M, Sampling in April 2021: A; Control: C, Organic soil fertilization: FOS, Inorganic soil fertilization: FIS, Inorganic foliar fertilization: FIF. Data were obtained in an orchard nearby Bahía Blanca, Province of Buenos Aires, Argentina.

Tabla 1: Tratamientos aplicados durante el estudio. Con cultivo de cobertura: CCC, Sin cultivo de cobertura: SCC; Muestreo en marzo 2021: M, Muestreo en abril 2021: A; Control no fertilizado: C, Fertilización orgánica del suelo: FOS, Fertilización inorgánica del suelo: FIS, Fertilización inorgánica foliar: FIF. Los tratamientos se aplicaron en una finca cercana a Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

CCC				SCC							
M		A		M		A					
C	FOS	FIS	FIF	C	FOS	FIS	FIF	C	FOS	FIS	FIF



Figure 2: Olive culture without (A) or with (B) a cover crop. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina, 2021.

Figura 2: Cultivo de olivo sin (A) o con (B) un cultivo de cobertura. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina, 2021.

Respecto a la fertilización inorgánica, urea [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] fue usada como fuente de N, fosfato diamónico [$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$; PDA] como fuente de N y P, y nitrato de potasio (KNO_3) como fuente de N y K. Para realizar la fertilización edáfica, una mezcla de urea, PDA and KNO_3 (21:7:28 p/p/p, Tabla 3) se aplicó a 758 kg.ha^{-1} . Esta fertilización se efectuó en el suelo ubicado debajo de la copa del árbol, incorporando el fertilizante al suelo inmediatamente luego de su aplicación. Esto se hizo principalmente para evitar la volatilización de la urea (Sierra Bernal, 2009; Rosati *et al.*, 2015; Larios-González *et al.*, 2021).

Table 2: Chemical composition of “Bioorganutsa”. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina, 2021.**Tabla 2:** Composición química de “Bioorganutsa”. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina, 2021.

EC (dS/m)	pH	N _t (%)	P _t (%)	K (%)	C _t (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	S (%)	Fe (%)
2,90	7,80	1,27	0,35	0,81	13,38	2,52	0,87	0,14	0,24	1,83

References: EC, Electrical conductivity; t, total.

Referencias: EC, conductividad eléctrica; t, total.

El grado de un fertilizante es la cantidad (g) del elemento químico/100 g de fertilizante (por ejemplo, 46 g N/100 g 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).

Table 3: Degree and experimental use of fertilizers used in the mixtures. Organic soil fertilization: FOS; Inorganic soil fertilization: FIS; Inorganic foliar fertilization: FIF (see Table 1). Treatments were applied in an orchard nearby Bahía Blanca, Province of Buenos Aires, Argentina. 2021.**Tabla 3:** Grado y uso experimental de los fertilizantes usados en las mezclas. Fertilización orgánica al suelo: FOS; Fertilización inorgánica al suelo: FIS; Fertilización inorgánica foliar: FIF (ver Tabla 1). Los tratamientos se aplicaron en una finca cercana a Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina. 2021.

Fertilizantes	Grado			Uso experimental
	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	
Urea	46	0	0	FIS, FIF
Fosfato diamónico	18	46	0	FIS
Nitrato de potasio	13	0	45	FIS, FIF
Bioorganutsa	9	3	12	FOS
Mezcla de urea, fosfato diamónico y nitrato de potasio	21	7	28	FIS

2.5. Fertilización foliar:

Las fertilizaciones foliares en 2021 se efectuaron (1) durante el estado invernal y la brotación (setiembre); (2) durante las fases fenológicas de formación del racimo floral, hinchamiento del botón floral y diferenciación de corolas (octubre); (3) durante el cuajado y crecimiento de los frutos (diciembre); (4) durante el endurecimiento del carozo, fase de maduración del fruto color verde intenso (enero) y fase de maduración del fruto color verde intenso (febrero). Dicha fertilización requirió la mezcla de urea, ácido fosfórico (concentrado al 85 %), KNO₃ y un surfactante no iónico al 0,1 % v.v⁻¹ 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 $7,3 \text{ l.planta}^{-1}$ de la disolución, fraccionada en 5 aplicaciones ($1,5 \text{ l.aplicación}^{-1}$). 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 foliares 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.

2.6. Sistema de riego por goteo:

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 los camellones con una desmalezadora manual en cada hilera de plantas. El distanciamiento entre plantas (1,5 m) y la manguera de riego se pueden observar en la Figura 3. La figura 4 muestra la disposición de las mangueras atadas al alambre tensado (cada 100 m en la finca) cuando las plantas eran jóvenes en la finca de olivo.



Figure 3: Picture that shows the olive plants and the irrigation hose in a tree row. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina, 2021.

Figura 3: Foto que muestra a los olivos y la manguera de riego en una hilera de árboles. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina, 2021.



Figure 4: 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 done to control small size weeds with manual weeders. The image was taken when the olive trees were young. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina, 2021.

Figura 4: 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. La imagen se tomó cuando las plantas de olivo eran jóvenes. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina, 2021.

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⁻¹ en este estudio. El riego fue complementario a las precipitaciones. En la región estudiada, las precipitaciones anuales son aproximadamente de 600 mm (Castellvi *et al.*, 2004), por lo que el riego debió proveer 400 mm.año⁻¹. De estos 400 mm, 200 mm fueron provistos durante el verano (el riego fue cerca de 3mm.día⁻¹). Durante el verano, no hay riego aproximadamente 3 semanas antes del inicio del otoño, al menos un mes antes de la cosecha de aceitunas. Esto se hace para no cosechar frutos acuosos (con baja concentración de aceite). Otros 100 mm de riego fueron aplicados hacia fines del otoño y durante el invierno, y los 100 mm restantes fueron aplicados a fines de la primavera.

2.7. Muestreos y mediciones:

Para la evaluación de cada uno de las variables 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 cada unidad experimental o parcela mayor. Los parámetros estudiados fueron:

2.7.1. Peso fresco promedio por aceituna:

Se calculó de acuerdo a la relación peso fresco de 100 aceitunas/100. El peso (g) fue determinado usando una balanza.

2.7.2. Índice de madurez (IM):

Para la determinación del IM se utilizó el método propuesto por Ferreira (1979) basado en la variación del color del fruto, en el que la aceituna se clasificó en ocho clases del 0 al 7 (Tabla 4).

Table 4: Olive classification in various types according to the fruit color variation following Ferreira (1979). Information was obtained from an orchard located nearby Bahía Blanca, Province of Buenos Aires, Argentina during the growing cycle 2020/2021.

Tabla 4: Clasificación de las aceitunas en varias clases según la variación del color del fruto de acuerdo a Ferreira (1979). La información se obtuvo en una finca cercana a Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina durante la estación de crecimiento 2020/2021.

Clases	Descripción
Clase 0	Piel verde intenso
Clase 1	Piel verde amarillento
Clase 2	Piel verde con manchas rojizas en menos de la mitad del fruto. Inicio de envero
Clase 3	Piel rojiza o morada en más de la mitad del fruto. Final del envero
Clase 4	Piel negra y pulpa blanca
Clase 5	Piel negra y pulpa morada sin llegar a la mitad de la pulpa
Clase 6	Piel negra y pulpa morada sin llegar al carozo
Clase 7	Piel negra y pulpa morada totalmente hasta el carozo

La sumatoria de los productos del número de aceitunas de cada clase por el valor numérico de cada clase, dividido por 100 determinó el IM; siendo A, B, C, D, E, F, G y H el número de frutos de las clases 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7, respectivamente. El IM se obtuvo por la fórmula:

$$IM = Ax0 + Bx1 + Cx2 + Dx3 + Ex4 + Fx5 + Gx6 + Hx7 / 100$$

Todo el aceite del fruto está formado cuando el IM alcanza un nivel medio de 3,5 (Hermoso *et al.*, 1997). Como resultado, este valor es útil para determinar el comienzo de la cosecha.

2.7.3. Rendimiento:

Todas las aceitunas de cada árbol muestreado fueron cosechadas y pesadas (g.árbol⁻¹), utilizando una balanza.

2.7.4. Humedad:

Fue evaluada por diferencia del peso fresco y seco de 100 frutos (%). Para obtener el peso seco, la muestra fue secada en estufa a 70 °C.

2.7.5. Aceite:

El aceite (%) fue determinado en 100 frutos siguiendo el procedimiento de extracción Abencor® (Martínez Suárez *et al.*, 1975).

2.7.6. Análisis estadístico:

Se realizó una tabla de ANOVA de 3 vías [2 tipos de cultivo de cobertura (con, sin) x 4 tratamientos de fertilización (Control, FOS, FIF, FIS) x 2 fechas de cosecha (marzo, abril)] para cada una de las variables estudiadas. Se abrieron las interacciones de 2 factores cuando las mismas fueron significativas. Los ANOVAs fueron efectuados usando el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2010). Cuando las pruebas de F fueron significativas, los promedios fueron comparados usando la prueba de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher (Williams y Abdi, 2010) a un nivel de significancia de 5%. Ver el Apéndice por mayores detalles.

Después de comprobar los supuestos del análisis de la varianza (ANOVA; Normalidad de los datos y Homogeneidad de varianzas) se procedió a efectuar el análisis estadístico de la información obtenida en este estudio. Se realizó un ANOVA con pruebas de comparación de medias para las variables peso/aceituna, índice de madurez, rendimiento de aceitunas/planta, y porcentajes de humedad y de aceite en las aceitunas utilizando el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2010). Se utilizó un ANOVA de 3 vías [2 tipos de cultivo de cobertura (con, sin) x 4 tratamientos de fertilización (Control, FOS, FIF, FIS) x 2 fechas de cosecha (marzo, abril)] para cada una de las variables estudiadas. Las pruebas de cada factor o fuente de variación y de las interacciones se deben hacer con sus correspondientes cuadrados medios del error (CME). Sin embargo, debido a que todos los CME resultaron muy similares en la tabla de ANOVA para cada una de las variables estudiadas, se probó si esos CME eran estadísticamente iguales usando la prueba de Bartlett. Desde que los CME fueron estadísticamente iguales ($p>0,05$) para todos los factores y las interacciones, se usó un CME ponderado para los mismos con la cantidad total de grados de libertad (= 32). Este CME ponderado con sus grados de libertad se usó para hacer una nueva tabla de ANOVA de 3 vías (2 tipos de cobertura vegetal x 4 tratamientos de fertilización x 2 fechas de muestreo) para cada una de las variables estudiadas. Se abrieron las interacciones de 2 factores siempre que las mismas resultaron significativas. Cuando las pruebas de F fueron significativas, los promedios se compararon usando la prueba de la diferencia mínima significativa de Fisher (es decir, LSD) a un nivel de significancia de 5%.

3. Resultados

No se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) para los factores fertilización y cobertura del suelo en las diferentes variables estudiadas en marzo y abril 2021 (Tabla 5). Los valores promedio del peso fresco de las aceitunas, el índice de madurez de los frutos, el rendimiento por árbol, la humedad y el aceite de las aceitunas variaron entre 1,0 y 1,9 g.aceituna⁻¹; 0,66 y 2,25; 1849 y 6643 g.árbol⁻¹; 54,8 y 69,3 %, y 5,4 y 9,5 %,

respectivamente, entre los tratamientos de fertilización con o sin cobertura vegetal en las dos fechas de muestreo en 2021 (Tabla 5).

Table 5: Variables obtained in each fertilization treatment (see Table 1) in areas with or without a cover crop in March or April 2021. Each value, average of 3 replicates (or large plots: see Figure 1), indicates (1) fresh weight per olive (g), (2) fruit maturity index, (3) fruit yield per tree (g), (4) olive moisture (%) or (5) olive oil (%). Data were obtained in an orchard nearby Bahía Blanca, Province of Buenos Aires, Argentina. 2021.

Tabla 5: Variables obtenidas en cada tratamiento de fertilización (ver Tabla 1) en las áreas con o sin una cobertura vegetal en marzo o abril 2021. Cada valor, promedio de 3 réplicas (o parcelas grandes: ver Figura 1), indica (1) peso fresco por aceituna (g), (2) índice de madurez de los frutos, (3) rendimiento de frutos por árbol (g), (4) humedad de las aceitunas (%) o (5) aceite de las aceitunas (%). La información fue obtenida en una finca cercana a Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina. 2021.

Fecha de cosecha	Cobertura vegetal	Tratamientos	n	Peso fresco (g.aceituna ⁻¹)	Índice de madurez de los frutos	Rendimiento (g.árbol ⁻¹)	Humedad de las aceitunas (%)	Aceite de las aceitunas (%)
marzo	Sin	C	3	1,08	0,66	3087,00	56,90	8,90
		FOS	3	1,00	0,87	4807,30	55,70	8,50
		FIF	3	1,04	0,83	3679,70	54,80	9,30
		FIS	3	1,18	0,99	3175,70	55,90	9,20
	Con	C	3	1,28	0,91	1848,70	58,50	9,50
		FOS	3	1,04	0,70	4413,30	56,90	7,60
		FIF	3	1,12	0,97	3314,70	60,00	7,50
		FIS	3	1,10	0,71	4062,70	58,70	7,60
abril	Sin	C	3	1,78	1,48	6373,30	67,10	6,50
		FOS	3	1,57	2,01	5673,30	67,00	6,90
		FIF	3	1,85	2,22	5473,30	68,80	5,70
		FIS	3	1,53	1,35	6643,30	66,90	5,50
	Con	C	3	1,90	2,25	3470,00	66,70	5,40
		FOS	3	1,53	1,35	5673,30	67,90	6,00
		FIF	3	1,53	1,61	5703,30	68,70	5,40
		FIS	3	1,79	1,79	4686,70	69,30	5,50

La única diferencia significativa para las variables mencionadas previamente se obtuvo para las fechas de muestreo (Figura 5). Cada una de estas variables fue al menos 15,7% mayor ($p<0,05$) en abril que en marzo 2021, excepto el porcentaje de aceite en las aceitunas que fue 31,1 % mayor ($p<0,05$) en marzo que en abril del mismo año (Figura 5).

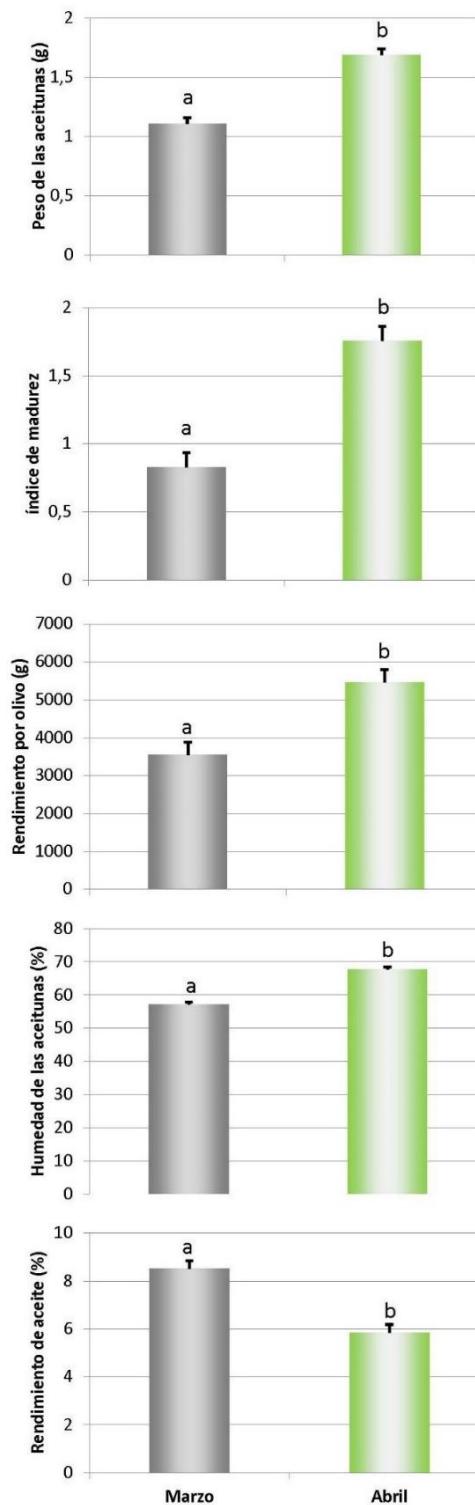


Figure 5: (A) Fresh weight per olive (g), (B) maturity index, (C) yield (olive weight tree⁻¹), (D) humidity and (E) oil percentages in fruits in March and April 2021. Each histogram is the mean + 1 S.E. of n=24. Data were obtained in an orchard nearby Bahía Blanca, Province of Buenos Aires, Argentina.

Figura 5: (A) Peso fresco de las aceitunas (g), (B) índice de madurez, (C) rendimiento (peso de aceitunas árbol^{-1}), (D) porcentajes de humedad y de (E) aceite en los frutos en marzo y abril 2021. Cada histograma es el promedio + 1 E.E. de $n=24$. La información fue obtenida en una finca cercana a Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

4. Discusión

La falta de diferencias significativas entre los fertilizantes aplicados sobre las variables investigadas (Tabla 5) es similar a los resultados obtenidos por Regni y Proietti (2019) en el cv. 'Frantoio'. Estos autores determinaron que la fertilización foliar con N no produjo diferencias significativas con respecto al control no fertilizado en la concentración de agua, el peso seco, el índice de madurez y la concentración de aceite (sobre una base de peso fresco) de las aceitunas durante un período de estudio de 4 años. En su estudio, el N provisto vía fertilización foliar durante la fase de acumulación de aceite en árboles en condiciones de un buen abastecimiento de N no indujo efectos significativos en la actividad productiva del árbol. Para el factor fechas de cosecha, sin embargo, hubo diferencias significativas ($p<0,05$) para todas las variables estudiadas [peso fresco. fruto^{-1} , índice de madurez, rendimiento de aceitunas. árbol^{-1} (g), y porcentajes de humedad y de aceite en las aceitunas].

4.1. Peso fresco fruto $^{-1}$:

Centeno *et al.* (2017), en un estudio de fertilización con N con o sin el agregado de un inhibidor de la nitrificación en los cultivares 'Arbequina' y 'Picual', determinaron que el peso de las aceitunas fue significativamente mayor el último año de estudio en comparación a los dos años previos en ambos cultivares. Esto fue probablemente debido a una mayor lluvia de primavera y a un mayor volumen de riego aplicado durante el período de crecimiento del fruto. Riachy *et al.* (2017) informaron que el riego determinó pesos frescos del fruto significativamente más altos que aquellos obtenidos bajo condiciones de lluvia en el cultivar 'Baladi' pero no en el cultivar 'Edlbi'. Rosati *et al.* (2015) hallaron que las plantas del cultivar 'Leccino' fertilizadas con N y K tuvieron frutos con un peso fresco significativamente mayor (+23% en promedio) que las plantas control (no fertilizadas). Esto fue debido a un mayor tamaño de la pulpa. Sus resultados son consistentes con los resultados de Abbasi *et al.* (2012), quienes hallaron que los fertilizantes NPK, aplicados conjuntamente, incrementan el peso promedio del fruto. Además, Mailer *et al.* (2007) reportaron (similarmente a nuestros resultados) que el peso fresco de frutos de olivo se incrementó, y su porcentaje de aceite disminuyó, desde marzo a abril en los cultivares 'Corregiolla' y 'Mission' en uno de sus tres años de estudio. Aunque dependiendo de las condiciones climáticas de la estación de crecimiento, Silva *et al.* (2023) informaron que la fertilización con N, P, K y B incrementó el peso de las aceitunas, las que tendieron a acumular más aceite que cuando no se incluyó el K en el tratamiento de fertilización.

Volakakis *et al.* (2022) compararon el efecto relativo de cuatro cultivos de cobertura sobre el peso de las aceitunas en una finca de aceitunas de mesa experimental de 35 años de edad. Los cultivos de cobertura estudiados se establecieron desde (i) semilla de *V. benghalensis* L. no tratada, (ii) semilla de vicia inoculada con un inóculo comercial de *Rhizobium*, (iii) una mezcla de semillas de vicia/cebada/arveja no tratada, y (iv) semilla de *Medicago polymorpha* L. no tratada (una especie de leguminosa nativa que se establece naturalmente en las fincas

de olivo en Creta). El peso del fruto fue significativamente más alto cuando los cultivos de cobertura se establecieron desde semillas de vicia no tratada y la mezcla de semillas vicia/cebada/arveja comparados con los cultivos de cobertura basados en la vicia inoculada o la semilla de *Medicago*.

Martins *et al.* (2023) compararon durante dos años los efectos del laboreo del suelo convencional con una estrategia de manejo del suelo sostenible que incluyó el uso de leguminosas como cultivo de cobertura sobre el peso fresco de las aceitunas. El peso fresco de las aceitunas fue significativamente mayor en el cultivo de cobertura con leguminosas que en el laboreo convencional del suelo.

4.2. Índice de madurez:

En concordancia con los resultados de este trabajo, Mailer *et al.* (2007) informaron que el índice de madurez de frutos de olivo se incrementó desde el comienzo de su madurez (marzo) hasta su maduración completa (abril) en los cultivares ‘Corregiolla’, ‘Mission’ y ‘Paragon’ en Australia. Asimismo, Rosati *et al.* (2015) fertilizaron árboles de olivo cv. ‘Leccino’ con N y K, y manejaron el suelo con una cobertura de vegetación natural que fue cortada dos veces al año en primavera, dejando la vegetación cortada ‘*in situ*’ como una forma de fertilización orgánica y obtuvieron, en acuerdo con nuestros resultados, que la fertilización no afectó la maduración de los frutos (es decir, color y firmeza de la pulpa), en comparación con los controles no fertilizados. Por su parte, Volakakis *et al.* (2022) informaron que el índice de madurez de las aceitunas (cv. ‘Kalamon’) fue ligeramente mayor, aunque significativo, en las parcelas establecidas (1) desde semillas de vicia (*V. sativa*) no tratadas con un inóculo comercial de *Rhizobium* o (2) de una mezcla de vicia, cebada (*Hordeum vulgare*) y arveja (*Pisum sativum*), que en aquellas obtenidas (3) desde semillas de vicia inoculadas con *Rhizobium* o (4) de una especie nativa silvestre de *M. polymorpha*. Como se ha observado en otros estudios, el índice de madurez es afectado por el cultivar y su relación con el ambiente (Lavee *et al.*, 1982; Barone *et al.*, 1994).

4.3. Rendimiento:

Silva *et al.* (2023) informaron los resultados de un estudio en el cual el control consistió en la aplicación de N, P, K y B (NPKB) y otros cuatro tratamientos correspondieron a la remoción de uno de estos nutrientes (N0, P0, K0 y B0) en una finca de olivos jóvenes expuesta a condiciones de lluvia en una investigación de 3 años. El tratamiento NPKB incrementó el rendimiento de aceitunas comparado al tratamiento que no recibió N (N0). El estudio de Silva *et al.* (2023) pareció indicar la importancia no solo de la aplicación de N sino también de una aplicación de nutrientes balanceada, y que se necesitan estudios adicionales dada la dificultad de hallar tendencias claras en la respuesta de las variables medidas a los tratamientos de fertilización.

Una aplicación adecuada de fertilizantes orgánicos o inorgánicos puede afectar positivamente el rendimiento de aceitunas (Lopes *et al.*, 2021). El rendimiento de árboles jóvenes del cultivar ‘Koroneiki’ fue mayor con la aplicación de 2 fertilizantes orgánicos diferentes + 1 fertilizante inorgánico, alcanzando un incremento de casi el 55% comparado al uso de solamente fertilizantes inorgánicos (Roussos *et al.*, 2017).

Centeno *et al.* (2017) determinaron que el índice de madurez, el rendimiento de aceitunas ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) y el porcentaje de aceite de las aceitunas (sobre una base de peso seco) no se vieron afectados por la aplicación de varios niveles de aplicación de N con o sin el agregado de un

inhibidor de la nitrificación en los cultivares 'Arbequina' y 'Picual' en un estudio de 3 años. En el suelo seco del centro de España, donde fue conducido este estudio, el agua para riego es escasa y fluctúa mucho de un año a otro, pero es mucho más baja que los requerimientos de agua del olivo. El volumen de agua aplicado por riego fue muy bajo considerando la alta demanda de agua; el riego fue aplicado a una tasa de entre 4 y 33,2 % de la evapotranspiración del cultivo en ambas variedades durante los 3 años del estudio. Bajo estas condiciones secas, el contenido de agua del suelo impactó el comportamiento productivo de los árboles de olivo más que los tratamientos de fertilización nitrogenada. Fernández-Escobar *et al.* (2009) también obtuvieron diferentes respuestas del rendimiento de frutos a la fertilización nitrogenada en un estudio de 13 años sobre un suelo seco en verano y árboles de olivo cultivar 'Picual' no regados.

Volakakis *et al.* (2022) no encontraron diferencias significativas en el rendimiento de aceitunas entre varios tratamientos de cultivo de cobertura. Aunque el establecimiento de *Medicago* fue muy bajo (<10 plantas.m⁻²), el rendimiento de aceitunas fue numéricamente 20% más alto en las parcelas con *Medicago* que en los otros tratamientos de cultivo de cobertura. Sin embargo, estos autores sugirieron que, en general, los cultivos de cobertura con leguminosas no tuvieron efecto en el rendimiento de frutos. Volakakis *et al.* (2022) basaron esta conclusión en los resultados del análisis de hoja de olivo, los cuales no detectaron diferencias significativas entre tratamientos de cultivo de cobertura en la concentración de la mayoría de los macro- y micronutrientes estudiados. Rempelos *et al.* (2021) informaron que los rendimientos de aceitunas de la variedad 'Koroneiki' (la cual es la variedad dominante usada para la producción de aceite de oliva en Creta) no fueron significativamente diferentes (en realidad solo un 10% más altos numéricamente) en campos manejados en forma convencional comparado con aquellos manejados en forma orgánica. Los resultados de Martins *et al.* (2023) mostraron que el tratamiento que incluyó un cultivo de cobertura integrado por 11 especies de leguminosas anuales expuestas a condiciones de lluvia incrementó significativamente el rendimiento de árboles de olivo en uno de los años estudiados, pero no en el otro, comparado al tratamiento de laboreo tradicional del suelo. Con respecto a los rendimientos acumulativos, los árboles que se hallaban en el cultivo de cobertura con leguminosas presentaron una mejora del 31.6% con respecto a los árboles que fueron expuestos al laboreo tradicional. El incremento en el rendimiento del cultivo por el cultivo de cobertura con leguminosas en relación a la práctica de laboreo convencional se ha observado previamente bajo condiciones ambientales similares (Correia *et al.*, 2013). Las prácticas de conservación agrícola, tales como el uso de cultivos de cobertura con leguminosas, incrementan el rendimiento a través de la mejora de varias propiedades del suelo biológicas, físicas, químicas e hidrológicas, mientras que el impacto negativo del laboreo tradicional sobre la productividad está relacionado a sus efectos perjudiciales sobre el crecimiento radical y una pobre eficiencia en el uso de los nutrientes y del agua (Busari *et al.*, 2015). Entre otras consecuencias, el laboreo tradicional del suelo incrementa la alteración de sus agregados y disminuye la existencia de macroporos en el suelo, los cuales son críticos para la penetración radical, y el movimiento del agua y difusión de gases en el mismo (Gucci *et al.*, 2012), de esta manera creando más limitaciones nutricionales y de agua para los árboles.

4.4. Humedad del fruto:

Martins *et al.* (2023) estudiaron el porcentaje de humedad del fruto comparando dos sistemas de manejo del suelo en una finca comercial de olivo cv. 'Cobrançosa' de 27 años de edad, plantada con un marco de 7×7 m. El estudio se efectuó bajo condiciones de lluvia. Dicho porcentaje de humedad fue significativamente mayor cuando el suelo estuvo cubierto por un cultivo de cobertura que incluyó la mezcla de 11 especies de leguminosas anuales que cuando el mismo se manejó utilizando la práctica de laboreo convencional.

Si el nivel de humedad del fruto cae a un punto en el que ocurre desecación, se puede producir la rotura de las células conduciendo a mayores niveles de ácidos grasos libres y por lo tanto a una menor calidad del aceite (Mailer *et al.*, 2005). Por otra parte, condiciones de estrés durante el desarrollo del mesocarpo pueden resultar en menores concentraciones de aceite en el fruto al limitar la síntesis y acumulación del mismo. Por otra parte, si el contenido de humedad del fruto es alto al momento de la cosecha, se producirán bajas concentraciones de aceite utilizando extracciones mecánicas. Este fue el caso en nuestro estudio, donde al incrementarse la concentración de humedad en el fruto desde marzo a abril disminuyó su concentración de aceite (Fig. 5 D, E). El recobro de aceite por extracción mecánica en el trabajo de Mailer *et al.* (2007) varió entre 1,3 a 28,8% para los diferentes cultivares estudiados. Estos estudios enfatizan la importancia de conocer los cambios en el contenido de humedad del fruto durante su maduración y los efectos que esto puede tener en su rendimiento de aceite.

4.5. Rendimiento de aceite:

Similares a nuestros resultados, Rosati *et al.* (2015) informaron que la fertilización no incrementó la concentración de aceite en la pulpa de los frutos. De todas maneras, estos autores reportaron un incremento aparente en el contenido (concentración x biomasa) de aceite en el fruto, desde que la mayoría del aceite en el mismo está en la pulpa. Más aún, estos autores sugirieron que en estudios de la composición del fruto, se debe considerar la concentración de la variable estudiada en la pulpa, no en el fruto.

Por su parte, Chehab *et al.* (2019) estudiaron la utilización de *Vicia faba* como cultivo de cobertura en una finca orgánica de olivos adultos cv. 'Chemlali' durante 3 estaciones de crecimiento. Los árboles de olivo consociados con la leguminosa mejoraron significativamente el rendimiento (kg.ha^{-1}) y la concentración (%, sobre una base de peso fresco) de aceite de las aceitunas en aproximadamente un 70% y 7%, respectivamente, con respecto al control (sin cultivo de cobertura). Sin embargo, Sastre *et al.* (2016) estudiaron el efecto de varias estrategias de manejo del suelo sobre el rendimiento de aceite (kg.ha^{-1}) en una finca de olivo experimental cv. 'Cornicabra' (tolerante a la sequía) expuesta a condiciones de lluvia en el centro de España, y no hallaron ningún efecto del manejo del suelo sobre el rendimiento de aceite en las tres estaciones de crecimiento estudiadas. De todas maneras, Sastre *et al.* (2016) apoyan la adopción de cultivos de cobertura como una estrategia de manejo sustentable en las fincas de olivo expuestas a condiciones de lluvia en el centro de España en el cultivar 'Cornicabra', tolerante a la sequía. Los cultivos de cobertura no han reducido ni el rendimiento de frutos ni de aceite tanto en años de alto como de bajo rendimiento (Sastre *et al.*, 2016). Así, los beneficios económicos de los productores son mantenidos en las fincas, mientras que al mismo tiempo se mejoran los beneficios ambientales con reducciones en las pérdidas de suelo por erosión e incremento del carbono orgánico del suelo.

5. Conclusiones

El peso fresco por fruto, índice de madurez, rendimiento de aceitunas por árbol y porcentaje de humedad y aceite en frutos frescos fueron significativamente diferentes entre las fechas de cosecha siendo mayores en la fecha de cosecha más tardía (abril). Sin embargo, el porcentaje de aceite en las aceitunas fue mayor en marzo que en abril del mismo año. No se hallaron diferencias significativas para las variables estudiadas entre los tratamientos de fertilización y aquellos de cobertura vegetal del suelo en marzo y abril 2021.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que este trabajo no presenta conflicto de intereses.

7. Bibliografía

- Abbasi, Y., Bakhshi, D., Forghani, A., Sabouri, A., Porghauomy, M. 2012. Effect of macro and micronutrients sprays on fruit quality and quantity of Zard and Rowghani olive (*Olea europaea* L.) cultivars in northern Iran. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science 12: 1548–1552. 10.5829/idosi.aejaes.2012.12.12.190 7
- Abdennbi, S., Chaieb, M., Mekki, A. 2023. Long-term effects of olive mill waste waters spreading on the soil rhizospheric properties of olive trees grown under Mediterranean arid climate. Soil Research 62: SR23102. <https://doi.org/10.1071/SR23102>
- Barone, E., Gullo, G., Zappia, R., Inglese, P. 1994. Effect of crop load on fruit ripening and olive oil (*Olea europaea* L.) quality. Journal of Horticultural Science 69: 67-73. <https://doi.org/10.1080/14620316.1994.11515250>
- Blanco, M., Amiotti, N., Ruiz, J. A. 2003. Reconstrucción de la evolución geopedogenética en una toposecuencia del sudoeste pampeano. Ciencia del Suelo 21: 59-70. https://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_21n2/blanco_59-70.pdf
- Blanco-Canqui, H., Shaver, T. M., Lindquist, J. L., Shapiro, C. A., Elmore, R. W., Francis, C. A., Hergert, G. W. 2015. Cover Crops and Ecosystem Services: Insights from Studies in Temperate Soils. Agronomy Journal 107: 2449-2474. <https://doi.org/10.2134/agronj15.0086>
- 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>
- Busari, M.A., Kukal, S.S., Kaur, A., Bhatt, R., Dulazi, A.A. 2015. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. ISWCR 3: 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.05.002>

- Busso, M.A. & Busso, M.B. 2022. Arbuscular mycorrhizal fungi and common mycorrhizal networks benefit plants through morphological, physiological and productive traits and soil quality. *Lilloa* 59: 301-317. <https://doi.org/10.30550/j.lil/2022.59.2/2022.12.02>
- Busso, M.A., Rodríguez, R.A., Suñer, L.G. (2024). Quantitative responses to fertilization with or without a cover crop in an olive orchard under irrigation in southwestern Buenos Aires. *Horticultura Argentina* 43 (112): 40-62. <https://doi.org/10.30550/j.lil/1877>
- Carciofi, I., Guevara Lynch, J. P., 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
- Castellvi, F., Mormeneo, I., 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](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.11.027)
- Centeno, A., García, J. M., Gómez-del-Campo, M. 2017. Effects of nitrogen fertilization and nitrification inhibitor product on vegetative growth, production and oil quality in 'Arbequina' hedgerow and 'Picual' vase-trained orchards. *Grasas y Aceites* 68: e215. [http://dx.doi.org/10.3989/gya.0441171.](http://dx.doi.org/10.3989/gya.0441171)
- Chehab, H., Tekaya, M., Ouhibi, M., Gouiaa, M., Zakhama, H., Mahjoub, Z., Laamari, S., Sfina, H., Chihoui, B., Boujnah, D., Mechri, B. 2019. Effects of compost, olive mill wastewater and legume cover crops on soil characteristics, tree performance and oil quality of olive trees cv. Chamlali grown under organic farming system. *Scientia Horticulturae* 253: 163-171. [https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.039.](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.039)
- Cincunegui, C., Lupín, B., Tedesco, L., Pérez, S., Fernández, L., Roldán, C., Llobosco, D. 2019. Consumo y territorio. Aceite de oliva producido en el Sudoeste Bonaerense. II Pre Congreso Argentino de Desarrollo Territorial y I Jornadas Patagónicas de Intercambio Disciplinario sobre Desarrollo y Territorio. <http://nulan.mdp.edu.ar/3153/1/cincunegui-etal-2019.pdf>
- Conte, P., Squeo, G., Difonzo, G., Caponio, F., Fadda, C., Del Caro, A., Urgeghe, P., Montanari, L., Montinaro, A., Piga, A. 2019. Change in quality during ripening of olive fruits and related oils extracted from three minor autochthonous Sardinian cultivars. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 31: 196–205. [https://hdl.handle.net/11586/234300.](https://hdl.handle.net/11586/234300)
- Correia, C., Brito, C., Fernandes-Silva, A., Bacelar, E., Gonçalves, B., Ferreira, H., Moutinho Pereira, J., Rodrigues, M. Sustainable management of olive rainfed orchards by the introduction of leguminous cover crops. 2013. *Ecology* 7: 146–156. <http://hdl.handle.net/10198/8777>
- Cutti, L., Lamego, F. P., Aguiar, A. C. M. D., Kaspary, T. E., Rigon, C. A. G. 2016. Winter cover crops on weed infestation and maize yield. *Revista*

- Caatinga 29: 885-891.
<https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n413rc>
- Das, K., Biswakarma, N., Zhiipao, R., Kumar, A., Ghasal, P. C., Pooniya, V. 2020. Significance and Management of Green Manures. In: B. Giri, A. Varma (Eds.), Soil Health. Soil Biology (pp. 197-217). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44364-1_12
- Di Rienzo, J., Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F., Tablada, M. & Walter Robledo, C. (2010). Infostat: software para análisis estadístico, versión 2008. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/1554/10346>
- El Riachi, M., Haber, A., Daya, S. A., Jebbawi, G., Al Hawi, G., Talej, V., Houssein, M., El Hajj, A. 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. <http://dx.doi.org/10.22161/ijebab/2.2.43>
- Emmanouilidou, M. G., Koukourikou-Petridou, M., Gerasopoulos, D., Kyriacou, M. C. 2020. Evolution of physicochemical constitution and cultivar-differential maturity configuration in olive (*Olea europaea* L.) fruit. Scientia Horticulturae 272: 10951. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109516>
- FAOSTAT. 2022. Crops and livestock products. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Statistical Database. Rome. Available online: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (disponible el 9 de diciembre 2023).
- Fernández, F. J., Ladux, J. L., Hammami, S. B. M., Rapoport, H. F., Searles, P. S. 2018. Fruit, mesocarp, and endocarp responses to crop load and to different estimates of source: Sink ratio in olive (cv. Arauco) at final harvest. Scientia Horticulturae 234: 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.016>
- Fernández-Escobar, R., Marín, L., Sánchez-Zamora, M. A., García-Novelo, J. M., Molina-Soria, C., Parra, M. A. 2009. Long-term effects of N fertilization on cropping and growth of olive trees and on N accumulation in soil profile. European Journal of Agronomy 31: 223-232. <http://doi.org/10.1016/j.eja.2009.08.01>
- Ferreira, J. 1979. Explotaciones olivareras colaboradoras, nº 5. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Ferreira, I. Q., Rodrigues, M. Â., Moutinho-Pereira, J. M., Correia, C. M., Arrobas, M. 2018a. Olive tree response to applied phosphorus in field and pot experiments. Scientia Horticulturae 234: 236-244. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.050>
- Ferreira, I. Q., Arrobas, M., Moutinho-Pereira, J., Correia, C., Rodrigues, M. Â. 2018b. Olive response to potassium applications under different water regimes and cultivars. Nutrient Cycling in Agroecosystems 112: 387-401. <https://doi.org/10.1007/s10705-018-9954-2>
- Ferreira, I. Q., Arrobas, M., Moutinho-Pereira, J. M., Correia, C. M., Rodrigues, M. Â. 2020. The effect of

- nitrogen applications on the growth of young olive trees and nitrogen use efficiency. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 44: 278–289.10.3906/tar-1905-26
- Freihat, N. M., Shannag, H. K. & Alkelani, M. A. 2021. Effects of supplementary irrigation on performance of 'Nabali' and 'Grossa de Spain' olives under semi-arid conditions in Jordan. *Scientia Horticulturae* 275: 109696. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109696>
- 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/Georiga-Olive-Farms-Developing-The-Olive-Industry.pdf>
- Goñi, L. & Laurent, G. C. 2020. Análisis de las temperaturas en tres áreas de interés olivícola en el sudoeste bonaerense, Argentina. *Revista de Climatología* 20: 29-46. <https://climatol.eu/reclim/reclim20c.pdf>
- Gucci, R., Caruso, G., Bertolla, C., Urbani, S., Taticchi, A., Esposto, S., Servili, M., Sifola, M.I., Pellegrini, S., Pagliai, M., Vignozzi, N. 2012. Changes of soil properties and tree performance induced by soil management in a high-density olive orchard. *European Journal of Agronomy* 41: 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.03.002>
- Guerrero Riascos, R. 2004. Propiedades generales de los fertilizantes sólidos: manual técnico (No. Doc. 24634) CO-BAC, Bogotá. Monómeros Colombo Venezolanos S.A.
- <http://www.monomeros.com/descargas/dpmanualfertilizacion.pdf>
- Guevara-Ramírez, W., Morales-Letzkus, C., Martínez-de-Alegria, I., Río-Belver, R. M. 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>
- Haberman, A., Dag, A., Shtern, N., Zipori, I., Erel, R., Ben-Gal, A., Yermiyahu, U. 2019. Long-Term Impact of Potassium Fertilization on Soil and Productivity in Intensive Olive Cultivation. *Agronomy* 9: 525. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090525>
- Haberman, A., Dag, A., Erel, R., Zipori, I., Shtern, N., Ben-Gal, A., Yermiyahu, U. 2021. Long-Term Impact of Phosphorous Fertilization on Yield and Alternate Bearing in Intensive Irrigated Olive Cultivation. *Plants* 10: 1821. <https://doi.org/10.3390/plants10091821>
- Hermoso, M., Uceda, M., Frias, L., Beltran, G., Maduración, D. B., Fernandez-Escobar, R., Rallo, L. (1997). El cultivo del olivo. Junta de Andalucía, Mundi Prensa. Madrid, p. 145-162.
- Hidalgo Moya J. C., Leyva. A., Hidalgo, J., Pérez, D., Vega, V. 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, p. 1-19 <https://www.juntadeandalucia.es/agri>

- culturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/6379c212-eb77-4251-9e9a-db6665f3b4ba
- Hussain, S. Z., Naseer, B., Qadri, T., Fatima, T., Bhat, T. A. 2021. Olive (*Olea europaea* L.)—Morphology, Taxonomy, Composition and Health Benefits. In: Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas. Cham, Springer. p. 117-129. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75502-7_9
- Ivars, O. A & Carballo-Hiramatsu, O. A. 2023. Los avatares de la olivicultura argentina en la región cuyana. RIVAR 10: 70-88. <https://doi.org/10.35588/rivar.v10i30.5750>
- Larios-González, R. C., Centeno, L. G., Ríos, M. J., Avalos Espinoza, C. S., Castro Salazar, J. R. 2021. Pérdidas de nitrógeno por volatilización a partir de dos fuentes nitrogenadas y dos métodos de aplicación. Siembra 8: e2475. <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i2.2475>
- Lavee, S., Avidan, B., Ben-Tal, Y. 1982. Effect of fruit size and yield on the fruit-removal force within and between cultivars. Scientia Horticulturae 286: 441-451. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(82\)90058-9](https://doi.org/10.1016/0304-4238(82)90058-9).
- Lopes, J. I., Gonçalves, A., Brito, C., Martins, S., Pinto, L., Moutinho-Pereira, J., Raimundo, S., Arrobas, M., Rodrigues, M. Â., Correia, C. M. 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. <https://doi.org/10.3390/agronomy1112172>
- Mafrica, R., Piscopo, A., De Bruno, A., Poiana, M. 2021. Effects of climate on fruit growth and development on olive oil quality in cultivar Carolea. *Agriculture* 11: 147. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020147>
- Mailer, R. J., Conlan, D., Ayton, J. 2005. Olive harvest: Harvest timing for optimal olive oil quality. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Project No. DAN 179 A.
- Mailer, R. J., Ayton, J., Conlan, D. 2007. Influence of harvest timing on olive (*Olea europaea*) oil accumulation and fruit characteristics under Australian conditions. *Journal of Food, Agriculture y Environment* 5: 58-63.
- Malek, B. K. & Mustapha, S. 2013. Response of Arbequina olive tree to reasonable fertilization. *African Journal of Agricultural Research* 8: 3911-3920. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.1190>
- Martínez Suárez, J. M., Muñoz Aranda, E., Alba Mendoza, J., Lanzón Rey, A. 1975. Informe sobre utilización del analizador de rendimientos "Abencor". *Grasas y Aceites* 26: 379-385.
- Martins, S., Silva, E., Brito, C., Pinto, L., Martins-Gomes, C., Gonçalves, A., Arrobas, M., Rodrigues, M. A., Correia, C. M., Nunes, F. M. 2023. Combining Zeolites with Early-Maturing Annual Legume Cover Crops in Rainfed Orchards: Effects on Yield, Fatty Acid Composition and Polyphenolic Profile of Olives and Olive Oil. *Molecules* 28: 2545. <https://doi.org/10.3390/molecules28062545>
- Melander, B., Rasmussen, I.A., Bärberi, P. 2005. Integrating physical and cultural methods of weed control—examples from European research.

- Weed Science 53: 369-381. <https://doi.org/10.1614/WS-04-136R>
- Minas, I. S., Blanco-Cipollone F., Sterle, D. 2021. Accurate non-destructive prediction of peach fruit internal quality and physiological maturity with a single scan using near infrared spectroscopy. Food Chemistry 335: 127626. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127626>
- Oliveira, M. C., Butts, L., Werle, R. 2019. Assessment of Cover Crop Management Strategies in Nebraska, US. Agriculture 9: 124. <https://doi.org/10.3390/agriculture9060124>
- Rallo, L., Díez, C. M., Morales-Sillero, A., Miho, H., Priego-Capote, F., Rallo, P. 2018. Quality of olives: A focus on agricultural preharvest factors. Scientia Horticulturae 233: 491–509. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.034>
- Regni, L. & Proietti, P. 2019. Effects of Nitrogen Foliar Fertilization on the Vegetative and Productive Performance of the Olive Tree and on Oil Quality. Agriculture 9: 252. <https://doi.org/10.3390/agriculture9120252>
- Rempelos, L., Baranski, M., Wang, J., Adams, T.N., Adebusuyi, K., Beckman, J.J., Brockbank, C.J., Douglas, B.S., Feng, T., Greenway, J.D.; Gür, M., Iyaremye, E., Kong, Ch. L., Korkut, R., Kumar, S. S., Kwedibana, J., Masselos, J., Mutalemwa, B. N., Nkambule, B. S., Oduwole, O. B., Oladipo, A. K., Olumeh, J. O., Petrovic, L., Röhrig, N., Wyld, S. A., Xu, L., Pan, Y., Chatzidimitriou, E., Davis, H., Magistrali, A., Sufar, E., Hasanaliyeva, G., Kalee, H. H. H. A., Willson, A., Thapa, M., Davenport, P., Średnicka-Tober, D., Volakakis, N., Watson, A., Seal, Ch. J., Goltz, M., Kindersley Jr., P., Iversen, P. O., Leifert C. 2021. Integrated Soil and Crop Management in Organic Agriculture: A Logical Framework to Ensure Food Quality and Human Health? Agronomy 2021, 11, 2494. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122494>
- 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), Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/1960>
- Rodrigues, M. Â., Pavão, F., Lopes, J. I., Gomes, V., Arrobas, M., Moutinho-Pereira, J., Ruivo, S., Cabanas, J. E., Correia, C. M. 2011. Olive yields and tree nutritional status during a four-year period without nitrogen and boron fertilization. Communications in Soil Science and Plant Analysis 42: 803–814. <https://doi.org/10.1080/00103624.2011.552656>
- Rodrigues, A., Coelho, V., Arrobas, M., Gouveia, E., Raimundo, S., Correia, C. M., Bento, A. 2019. The effect of nitrogen fertilization on the incidence of olive fruit fly, olive leaf spot and olive anthracnose in two olive cultivars grown in rainfed conditions. Scientia Horticulturae 256: 108658. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108658>
- Rodríguez, L. C. 2021. Aceitunas de mesa y aceite de oliva hidrosostenibles. Calidad, funcionalidad y aceptación en el mercado europeo. Tesis Doctoral. Universidad Miguel

- Hernández de Elche, España. 188 p.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=300621>
- Rosati, A., Caporali, S., Paoletti, A. 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: 381–386. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.05.018>
- Roussos, P. A., Gasparatos, D., Kechrologou, K., Katsenos, P., Bouchagier, P. 2017. Impact of organic fertilization on soil properties, plant physiology and yield in two newly planted olive (*Olea europaea* L.) cultivars under Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae* 220: 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.03.019>
- Sánchez, E. E., Giayetto, A., Cichón, L., Fernández, D., Aruani, M. C., Curetti, M. 2007. Cover crops influence soil properties and tree performance in an organic apple (*Malus domestica* Borkh) orchard in northern Patagonia. *Plant & Soil* 292: 193–203. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9215-7>
- Sarwar, G., Schmeisky, H., Tahir, M.A., Iftikhar, Y., Sabah, N.U. 2010. Application of greencompost for improvement in soil chemical properties and fertility status. *The Journal of Animal & Plant Sciences* 20: 258-260.
- Sastre, B., Pérez-Jiménez, M. A., Bienes, B., García-Díaz, A., de Lorenzo, C. 2016. The Effect of Soil Management on Olive Yield and VOO Quality in a Rainfed Olive Grove of Central Spain. *Journal of Chemistry* p. 4974609.
- <https://doi.org/10.1155/2016/497460>
9
- Sierra Bernal, C. 2009. Manejo del Suelo y Fertilización del Olivo. Seminario manejo agronómico industrial olivícola. Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA).
- Silva, E., Arrobas, M., Gonçalves, A., Martins, S., Raimundo, S., Pinto, L., Brito, C., Moutinho-Pereira, J., Correia, C. M., Rodrigues, M. A. 2021. A controlled-release fertilizer improved soil fertility but not olive tree performance. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 120: 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10705-021-10134-9>
- Silva, E., Gonçalves, A., Martins, S., Brito, C., Ferreira, H., Ferreira, L. M. M., Moutinho-Pereira, J., Rodrigues, M. A., Correia, C. M. 2023. Olive Yield and Physicochemical Properties of Olives and Oil in Response to Nutrient Application under Rainfed Conditions. *Molecules* 28: 831. <https://doi.org/10.3390/molecules28020831>
- Volakakis, N., Kabourakis, E. M., Rempelos, L., Kiritsakis, A., Leifert, C. 2022. Effect of Different Cover Crops on Suppression of the Weed *Oxalis pes-caprae* L., Soil Nutrient Availability, and the Performance of Table Olive Trees ‘Kalamon’ cv. in Crete, Greece. *Agronomy* 12: 2523. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102523>
- Williams, L. J. & Abdi, H. 2010. Fisher's Least Significant Difference (LSD) Test. En: *Encyclopedia of Research Design*. Thousand Oaks, CA, Sage. p. 1-6 (Salkind. N. ed).
- Horticultura Argentina es licenciado bajo Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial 2.5 Argentina.