



Evaluación del compostaje de alperujo con diferentes concentraciones y el impacto del uso de geomembrana

Evaluation of olive pomace composting with different concentrations and the impact of geomembrane use

Avaliação da compostagem de alperujo com diferentes concentrações e o impacto do uso de geomembrana

Francisco Antonio Cahui Azorza¹ 
fcahuiazorza@gmail.com

Ashly Lloclla Chirinos² 
ashlylloclla@gmail.com

Luis Miguel Roque Ramirez³ 
luis.roque1689@gmail.com

Ricardo Nahuel Valenzuela Antezana³ 
antezana.rn@gmail.com

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i26.368>

¹Estación Experimental Agraria Tacna, Dirección de Supervisión y Monitoreo en las Estaciones Experimentales, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Tacna, Perú

²Estación Experimental Agraria Andenes, Dirección de Supervisión y Monitoreo en las Estaciones Experimentales, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Cusco, Perú

³Estación Experimental Agraria Tacna, Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Tacna, Perú

Artículo recibido: 18 de marzo 2025 / Arbitrado: 23 de abril 2025 / Publicado: 1 de mayo 2025

RESUMEN

El estudio evaluó el compostaje de alperujo, un subproducto de la producción de aceite de oliva, en combinación con rastrojos de poda de olivo y estiércol de ovino, bajo condiciones climáticas de Tacna, Perú, entre marzo y septiembre de 2023. Se formularon tres mezclas de compost y se analizó el impacto del uso de geomembranas en el proceso, el cual tuvo una duración de seis meses. Los resultados indicaron que el pH del compost osciló entre 6.3 y 7.4, un rango óptimo para la disponibilidad de nutrientes. La conductividad eléctrica varió entre 0.71 dS/m y 1.98 dS/m, evidenciando que el uso de geomembranas influyó en la salinidad del compost final. Asimismo, la aplicación de geomembranas favoreció una mayor retención de carbono orgánico y nutrientes esenciales, reduciendo la lixiviación y mejorando la estabilidad del compost. Estos hallazgos resaltan la importancia del manejo de pH y salinidad en el compostaje, así como el potencial del alperujo como enmienda orgánica para suelos agrícolas. En conclusión, el uso de geomembranas en el compostaje de alperujo representa una estrategia viable para optimizar la calidad del compost y fomentar prácticas agrícolas sostenibles.

Palabras clave: Alperujo; Conductividad eléctrica; Lixiviación; Olivo; Salinidad; Sostenibilidad

ABSTRACT

The study evaluated the composting of alperujo, a by-product of olive oil production, in combination with olive pruning residues and sheep manure, under climatic conditions in Tacna, Peru, between March and September 2023. Three compost mixtures were formulated, and the impact of using geomembranes in the process, which lasted six months, was analyzed. The results indicated that the pH of the compost ranged from 6.3 to 7.4, an optimal range for nutrient availability. Electrical conductivity varied between 0.71 dS/m and 1.98 dS/m, showing that the use of geomembranes influenced the salinity of the final compost. Likewise, the application of geomembranes favored greater retention of organic carbon and essential nutrients, reducing leaching and improving compost stability. These findings highlight the importance of pH and salinity management in composting, as well as the potential of olive pomace as an organic amendment for agricultural soils. In conclusion, the use of geomembranes in olive pomace composting represents a viable strategy for optimizing compost quality and promoting sustainable agricultural practices.

Key words: Alperujo; Electrical conductivity; Leaching; Olive tree; Salinity; sustainability

RESUMO

O estudo avaliou a compostagem de alperujo, um subproduto da produção de azeite de oliva, em combinação com resíduos de poda de oliveira e esterco de ovelha, sob condições climáticas de Tacna, Peru, entre março e setembro de 2023. Foram formuladas três misturas de composto e analisado o impacto do uso de geomembranas no processo, que teve duração de seis meses. Os resultados indicaram que o pH do composto oscilou entre 6,3 e 7,4, uma faixa ótima para a disponibilidade de nutrientes. A condutividade elétrica variou entre 0,71 dS/m e 1,98 dS/m, evidenciando que o uso de geomembranas influenciou a salinidade do composto final. Além disso, a aplicação de geomembranas favoreceu uma maior retenção de carbono orgânico e nutrientes essenciais, reduzindo a lixiviação e melhorando a estabilidade do composto. Essas descobertas destacam a importância do manejo do pH e da salinidade na compostagem, bem como o potencial do alperujo como corretivo orgânico para solos agrícolas. Em conclusão, o uso de geomembranas na compostagem de alperujo representa uma estratégia viável para otimizar a qualidade do composto e promover práticas agrícolas sustentáveis.

Palavras-chave: Alperujo; condutividade elétrica; lixiviação; oliveira; salinidade; sustentabilidade

INTRODUCCIÓN

El compost es materia orgánica parcialmente descompuesta que se obtiene mediante procesos biológicos controlados, dando lugar a una enmienda del suelo rica en humus (1,2). Su aplicación mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, favoreciendo el crecimiento vegetal y contribuyendo a la sostenibilidad ambiental (3). La eficacia del compost depende de factores como el tipo de suelo, la composición de los insumos utilizados y los métodos de compostaje empleado (4,5). Entre las principales materias primas para su elaboración se encuentra el estiércol animal, los lodos de procesos industriales, residuos de podas y los recortes de césped (6), los métodos de compostaje incluyen hileras volteadas, pilas estáticas aireadas, compostaje en recipientes y otros (3).

En regiones áridas, los suelos presentan desafíos significativos debido a la escasez de agua, las limitaciones de nutrientes, problemas de contaminación y salinidad (7,8), por ello el compost es una alternativa para mejorar estos suelos (9). También el compostaje utilizando geomembranas se utiliza para mejorar la calidad del compost y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (10), estos sistemas optimizan el proceso de compostaje al mejorar las comunidades microbianas y aumentar la

degradación de la materia orgánica (11). El alperujo, es un subproducto de la extracción del aceite de oliva con alto contenido orgánico y potencial de valorización (12-15), sin embargo, su uso en la producción de compost en condiciones del distrito de la Yarada Los Palos que es un distrito costero, ha sido poco estudiado, es por ello que para aportar a ese vacío del conocimiento el objetivo del estudio fue evaluar el compostaje de alperujo en diferentes concentraciones y el impacto de uso de geomembrana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar experimental

El experimento se llevó a cabo en el Centro Experimental Los Palos - INIA (19S 352747mE 7980505mN), ubicado en el distrito La Yarada los Palos a una altitud de 86 msnm, departamento de Tacna, en el sur del Perú, durante los meses de marzo a setiembre del 2023, bajo un clima árido característico de la zona costera. Durante el periodo experimentas las condiciones climáticas promedio fueron las siguientes: Temperatura máxima 23.87°C, temperatura mínima 16.81°C, humedad relativa promedio 87.62%, la precipitación pluvial fue escasa (promedio 0.016 mm/día) durante la ejecución del experimento.

Preparación del compost

El compost se elaboró utilizando rastrojos de poda de olivo, alperujo y estiércol de ovino en diferentes proporciones. Durante el proceso de compostaje, se realizó el riego manteniendo la humedad entre el 40 – 60 %, evitando condiciones excesivamente secas o humedad (16), se realizaron volteos periódicos para mejorar la oxigenación, mezcla de las pilas y asegurando las condiciones

óptimas para la actividad microbiana. El compost se dejó madurar durante siete meses, evaluando el efecto del uso de geomembranas, se establecieron tratamientos con y sin geomembranas (GM y SM), se inició las pilas en el orden de: rastrojos de poda de olivo – alperujo (50%-01, 55%-02 y 60%-03) – estiércol, el experimento se ilustra mejor en la Figura 1.

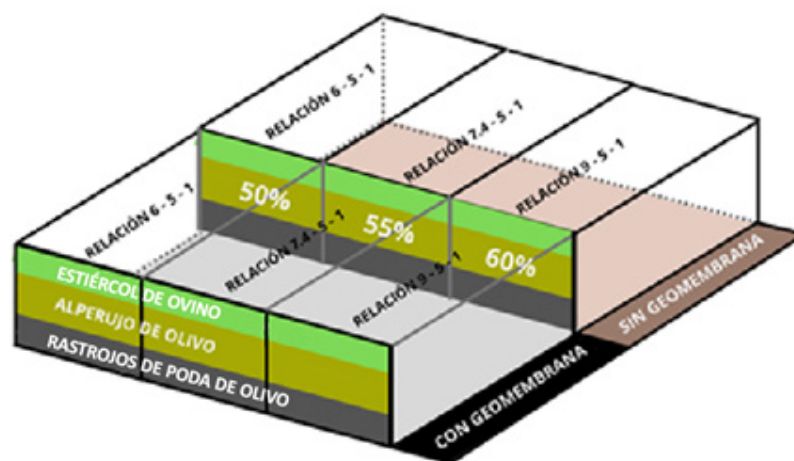


Figura 1. Representación gráfica de la preparación del compost.

Toma de muestras

La toma de muestras se realizó al finalizar la fase de maduración[17][18], recolectando submuestras de distintos puntos de las pilas de compost para garantizar su representatividad. Las submuestras fueron homogeneizadas mediante el método del cuarteo, que consistió en formar un cono con el material, dividirlo en cuatro

partes iguales, se descartaron dos opuestas, posteriormente se mezclaron las porciones no descartadas y se repitió el procedimiento hasta obtener una muestra final de aproximadamente un kilogramo. Esta muestra fue envasada en una bolsa hermética tipo Ziploc, debidamente identificada con una etiqueta, y trasladada al laboratorio para su análisis.

Métodos de análisis

Los análisis de caracterización se realizaron en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves del

Instituto de Innovación Agrícola (INIA) – LABSAF Moquegua, en la Tabla 1 se resume el ensayo y su norma de referencia usada.

Tabla 1. Metodología usada.

Ensayo	Norma de Referencia
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH
Conductividad eléctrica	ISO 11265:1994/Cor.1:1996. Soil quality- Determination of the Specific Electrical Conductivity- Technical Corrigendum 1
Carbono orgánico	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de diciembre 2002). item 7.1.7 AS-07. 2000. Contenido de Carbono Orgánica y Materia Orgánica por el método de Walkley y Black
Nitrógeno	Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego-INIA. 1era Ed. 2017. item 4.5.3. Pag. 40. Determinación de nitrógeno como nitrato
Fosforo	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de diciembre 2002). item 7.1.10 AS-10. 2000. Determinación de fósforo por el método de Olsen y colaboradores
Cationes y Metales	Method 3050B Acid Digestion of sediments, sludges and soils Revision 2 December 1996

Tratamiento y diseño experimental

Para el tratamiento de datos se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis con un nivel de significancia de 5%, para poder determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos, se utilizó esta prueba estadística ya que el experimento no cuenta con repeticiones (19).

RESULTADOS

La Tabla 2 presenta los valores de pH y conductividad eléctrica (CE) del compost maduro obtenido, el pH del varía entre 6.3 y 7.4, dentro del rango óptimo para la estabilidad del compost, que favorece la disponibilidad de los nutrientes para los cultivos.

Tabla 2. Resultados de pH y conductividad eléctrica.

	UNIDAD	SM01	SM02	SM03	GM01	GM02	GM03	NTP 201.207 2020 (1:5)
pH	pH	6.30	6.90	6.80	7.40	7.20	7.00	5.0 – 8.5
Conductividad eléctrica (CE)	dS/m	0.93	0.99	0.71	1.98	1.61	1.61	≤ 5

*SM: Sin geomembrana, GM: Con geomembrana.

La CE osciló entre 0.71 dS/m (SM03) y 1.98 dS/m (GM01), lo que indica que el uso de geomembranas influyó en la retención de sales.

Los tratamientos con geomembranas (GM01, GM02 y GM03) muestran valores más altos de conductividad eléctrica, el valor más alto es de

GM01 con 1.98 dS/m, tratamiento con mayor concentración de alperujo, esto sugiere que el uso de geomembranas puede estar asociado con un aumento en la concentración de sales en el compost.

Tabla 3. Componentes orgánicos y nutrientes del compost.

	UNIDAD	SM01	SM02	SM03	GM01	GM02	GM03	Media ± DE
Carbono Orgánico	%	11.60	12.50	9.30	17.50	19.80	20.80	15.58 ± 4.62
Fósforo	%	1.10	1.10	1.10	1.40	1.40	1.40	1.25 ± 0.17
Nitrógeno	%	0.31	0.45	0.21	0.73	0.55	0.25	0.42 ± 0.21
Calcio	%	1.51	1.74	1.80	2.40	2.78	2.36	2.10 ± 0.49
Magnesio	%	0.31	0.40	0.39	0.44	0.49	0.48	0.42 ± 0.07
Potasio	%	0.40	0.90	0.84	0.63	0.38	0.46	0.60 ± 0.22
Sodio	%	0.14	0.16	0.16	0.12	0.13	0.33	0.17 ± 0.08

Los tratamientos con geomembrana presentaron un mayor contenido de carbono orgánico (hasta 20.80 % en GM03), lo que indica una menor pérdida de materia orgánica durante el proceso.

También se observaron niveles más elevados de fósforo y nitrógeno, lo que podría deberse a una menor volatilización y lixiviación en comparación con los tratamientos sin geomembrana. Sin embargo, el contenido de potasio fue más variable, con valores más altos en las muestras sin geomembrana (SM), lo que sugiere diferencias en la movilidad de este nutriente durante la descomposición.

El contenido más elevado de nitrógeno (0.73 %), tratamiento con geomembrana al 60% de alperujo y el tratamiento de menor concentración (0.21 %) sin geomembrana al 50 % de alperujo. puede deberse a la reducción de la lixiviación y volatilización favoreciendo una mayor retención del mismo.

El análisis de metales pesados (Tabla 4) confirmó la ausencia de cadmio, lo que es positivo para la seguridad del compost, debido a su toxicidad [20], los niveles de plomo, zinc, cobre y cromo se encontraron dentro de los límites establecidos por la normativa técnica peruana para compost agrícola.

Tabla 4. Resultados de análisis de metales pesados.

	UNIDAD	SM01	SM02	SM03	GM01	GM02	GM03
Zinc	mg/Kg	45.00	49.00	35.50	72.00	80.00	53.50
Cobre	mg/Kg	16.00	16.50	13.00	27.00	23.50	17.50
Hierro	mg/Kg	5180.50	5416.00	5369.50	6053.00	5298.00	4218.00
Manganeso	mg/Kg	222.50	218.00	174.50	321.50	274.00	191.00
Plomo	mg/Kg	4.00	18.00	3.00	6.50	7.50	3.50
Cadmio	mg/Kg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bario	mg/Kg	61.00	51.50	42.00	75.50	61.50	46.00
Cromo	mg/Kg	4.00	4.00	4.00	5.50	5.00	4.50
Aluminio	mg/Kg	2465.50	2331.50	2100.50	2861.00	2453.50	1879.50

Los niveles de plomo (Pb) variaron entre 3.00 y 18.00 mg/Kg, siendo relativamente bajos, pero su monitoreo es importante por su potencial acumulación en el suelo. El zinc (Zn) y el cobre (Cu) se encontraron en 45 mg/Kg y entre 16.00 y 27.00 mg/Kg, respectivamente, lo que indica que están en un rango seguro para las plantas. Los niveles de hierro (Fe) y manganeso (Mn) fueron adecuados, oscilando entre 4218.00 y 6053.00 mg/Kg para el hierro y entre 174.50 y 321.50 mg/Kg para el manganeso, sugiriendo beneficios para el crecimiento vegetal. Además, los niveles de bario (Ba) y cromo (Cr) fueron bajos, confirmando la seguridad del compost para uso agrícola.

La norma establece límites máximos de 1 mg/Kg para cadmio, 150 mg/Kg para plomo, 2000 mg/Kg para zinc, 1000 mg/Kg para cobre y 100 mg/

Kg para cromo, en este estudio, el cadmio está ausente y los niveles de plomo, zinc y cobre están muy por debajo de los límites permitidos, lo que indica que el compost es seguro para la agricultura.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio sobre el compostaje de alperujo con diferentes concentraciones y uso de geomembranas son consistentes con estudios realizados para aprovechar los residuos de la industria del olivo (21-24), se observó que el pH del compost se mantuvo en un rango adecuado para la mayoría de cultivos entre 6.3 y 7.4 (25). Este hallazgo es similar con investigaciones previas que sugieren que un pH equilibrado en el compost favorece la disponibilidad de nutrientes para las plantas

(26-27). Según un estudio de (12) un pH óptimo en el compost no solo mejora la disponibilidad de nutrientes, sino que también promueve un ambiente favorable para la actividad microbiana, esencial para el proceso de descomposición.

En cuanto a la conductividad eléctrica, se evidenció una variabilidad entre 0.71 dS/m y 1.98 dS/m, con valores más altos en los tratamientos con geomembranas, esto sugiere que el uso de geomembranas puede influir significativamente en la salinidad del compost final, por la retención de sales durante el compostaje (13). Esto ha sido documentado en estudios que señalan que el uso de geomembranas puede incrementar la concentración de sales, afectando la calidad del compost, lo que puede ser perjudicial o beneficioso según el tipo de suelo y cultivo donde se aplique (2).

El análisis de la composición química mostró que los tratamientos con geomembranas presentaron mayores niveles de carbono orgánico y nitrógeno, lo que indica una menor pérdida de materia orgánica por lixiviación y volatilización. En particular, el tratamiento GM03 mostró el contenido más alto de carbono orgánico (20.80%) y nitrógeno (0.73%), sugiriendo que la geomembrana favoreció la retención de nutrientes esenciales. Sin embargo, se observó que los niveles de potasio fueron más variables, con valores más elevados en los tratamientos sin geomembranas, lo que sugiere que la movilidad de este nutriente puede estar influenciada por la mayor permeabilidad del sistema (28).

El análisis de metales pesados confirmó la ausencia de cadmio, lo que indica que el compost generado es seguro para su aplicación agrícola (20). Además, los niveles de plomo, zinc y cobre estuvieron dentro de los límites establecidos por la normativa peruana para compost agrícola, lo que garantiza su uso sin riesgo de toxicidad para los cultivos (17).

CONCLUSIONES

El estudio demostró que el compostaje de alperujo en combinación con rastrojos de poda de olivo y estiércol de ovino es una alternativa viable para la producción de compost de calidad, destacando el impacto del uso de geomembranas en la retención de nutrientes y la reducción de lixiviación. Los valores de pH (6.3-7.4) y conductividad eléctrica (0.71-1.98 dS/m) confirmaron que el compost obtenido es adecuado para su aplicación agrícola, aunque el uso de geomembranas incrementó la salinidad, lo que debe considerarse al aplicar en suelos sensibles. Se observó un mayor contenido de carbono orgánico y nitrógeno en los tratamientos con geomembrana, lo que indica una menor pérdida de materia orgánica y una mejor estabilidad del compost. Además, los niveles de metales pesados estuvieron dentro de los límites permitidos por la normativa, asegurando la seguridad del producto para la agricultura. En general, el uso de geomembranas optimizó la calidad del compost, aunque su efecto en la acumulación de sales sugiere la necesidad de estudios adicionales sobre su impacto a largo plazo.

en el suelo y los cultivos, el mejor tratamiento fue sin geomembrana con 55% de alperujo (SM02) que muestra un mayor equilibrio entre componentes.

Para futuras investigaciones, se recomienda evaluar el impacto del compost con geomembranas endiferentestiposdesuelosycultivos, considerando su efecto en la salinidad y la disponibilidad de nutrientes a largo plazo, además, dado el alto contenido de materia orgánica y su potencial como enmienda del suelo, se recomienda explorar combinaciones con otros residuos agrícolas para mejorar su balance nutricional.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ozores-Hampton M, Stoffella P, Cantliffe D, Klassen W. Compost use. In: Glatz P, editor. **The Composting Handbook: a how-to and why manual for farm, municipal, institutional and commercial composters**. 1st ed. Academic Press; 2022. 777–846. doi:10.1016/B978-0-323-85602-7.00013-3.
2. Abdel-Shafy H, Mansour S. Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. **Egypt J Petrol**. 2018 Dec;27(4):1275–90. doi:10.1016/j.ejpe.2018.07.003.
3. Raviv M. Production of high-quality composts for horticultural purposes: A mini-review. **HortTechnology**. 2005 Jan;15(1):52–7. doi:10.21273/horttech.15.1.0052.
4. Hassan Y, El Wahed H, Abdelhamid A, Ashraf M, Abdelfattah EA. Composting: An eco-friendly solution for organic waste management to mitigate the effects of climate change. **Innovare J Soc Sci**. 2023;11:1–7. doi:10.22159/ijss.2023.v11i4.48529.
5. Ho T, Nguyen M, Pham H, Le V, Nguyen V, Nguyen D, et al. Compost to improve sustainable soil cultivation and crop productivity. **Case Stud Chem Environ Eng**. 2022;6:100211. doi:10.1016/j.cscee.2022.100211.
6. Taneja T, Sharma I, Singh B, Singh A, Kumar M, Singh R. Composting as a sustainable option for converting undesirable weeds like **Parthenium hysterophorus**, **Solanum nigrum**, **Calotropis procera** and **Trianthema portulacastrum** into organic manure. **Biosci Biotechnol Res Asia**. 2024;21(2):645–54. doi:10.13005/BBRA/3253.
7. Keith B, Villalobos L, Barraza F, Araya J, Castillo A, Pastén P. Evaluation of the geochemical background of soil in a hyper-arid zone using a multivariate statistical methodology: The case of the city of Antofagasta in the Atacama Desert. **Chemosphere**. 2024;366:143472. doi:10.1016/j.chemosphere.2024.143472.
8. Naorem A, Bharti S, Varma A, Pal R, Bera T, Yadava D, et al. Soil constraints in an arid environment—Challenges, prospects, and implications. **Agronomy**. 2023;13(1):220. doi:10.3390/agronomy13010220.
9. Liu W, Huang Z, Guo Z, López-Vicente M, Wang Z, Wu G. A nature-based solution to reduce soil water vertical leakage in arid sandy land. **Geoderma**. 2023; 438:116630. doi:10.1016/j.geoderma.2023.116630.
10. Cao J, Qu H, Li R, Wang P, Fu J, Chen M. Effects of membrane covers and biochar on compost quality and greenhouse gas reduction in aerobic composting. **Bioresources**. 2024;19(2):3475–3488. doi:10.15376/biores.19.2.3475-3488.
11. Wang J, Li Z, Liu F, Han K, Ma Q, Wu L. Membrane-covered systems improve compost quality and alter microbial communities during composting with microbial inoculation. **J Clean Prod**. 2024;447:141501. doi:10.1016/j.jclepro.2024.141501.
12. Ghilardi C, Sanmartin Negrete P, Carelli A, Borroni V. Evaluation of olive mill waste as substrate for carotenoid production by *Rhodotorula mucilaginosa*. **Bioresour Bioprocess**. 2020;7(1):1–11. doi: 10.1186/s40643-020-00341-7.
13. Varol N, Karaman H, Aydogdu E, Ekinci K. Effects of two phase olive mill pomace compost on the growth of olive saplings in Turkey.

- Acta Hortic. 2020;1280:39-46. doi: 10.17660/ActaHortic.2020.1280.6.
- 14.** Scopetani C, Di Giuseppe D, Vianello A, Piazza V, Alonzo G, D'Agostino C, et al. Olive oil-based method for the extraction, quantification and identification of microplastics in soil and compost samples. *Sci Total Environ.* 2020; 1;733:139338. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139338.
- 15.** Bargougui L, Guergueb Z, Chaieb M, Mekki A. Co-composting of Olive Industry Wastes with Poultry Manure and Evaluation of the Obtained Compost Maturity. *Waste Biomass Valor.* 2020;11(11):6235-6247. doi: 10.1007/s12649-019-00901-9.
- 16.** Alurralde A, Alesso A, Gariglio N, Imhoff S. Response of the olive, cv. 'Arbequina', to the application of compost and compost tea from olive mill waste [Respuesta del olivo, cv. 'Arbequina', a la aplicación de compost y té de compost de alperujo]. *Ciencia del Suelo* 2023;41(1):42-55.
- 17.** Alurralde A, Imhoff S, Gariglio N, Barbier Albers A. Caracterización de abonos sólidos y líquidos derivados del compostaje de alperujo y restos de poda de olivares. *Ciencia del Suelo* (Argentina). 2021;39(1):94-111.
- 18.** Toledo M, Gutiérrez M, Peña A, Siles J, Martín M. Co-composting of chicken manure, alperujo, olive leaves/pruning and cereal straw at full-scale: Compost quality assessment and odour emission. *Process Saf Environ Prot.* 2020; 139:362-70. doi: 10.1016/j.psep.2020.04.048.
- 19.** Núñez-Colín CA. Análisis de varianza no paramétrica: un punto de vista a favor para utilizarla. *Acta Agrícola y Pecuaria.* 2018;4(3):69-80. <https://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/55>
- 20.** Raiesi F, Dayani L. Compost application increases the ecological dose values in a non-calcareous agricultural soil contaminated with cadmium. *Ecotoxicology.* 2021;30(1):17-30. doi:10.1007/S10646-020-02286-1
- 21.** Bargougui L, Guergueb Z, Chaieb M, Mekki A. Co-composting of olive industry wastes with poultry manure and evaluation of the obtained compost maturity. *Waste Biomass Valorization.* 2020;11(11):6235-6247. doi:10.1007/S12649-019-00901-9.
- 22.** Moreno-Maroto J, de la Casa J, López-Arce P, Rincón J, Ortega-López V, Zamorano M, et al. Recycling of 'alperujo' (olive pomace) as a key component in the sintering of lightweight aggregates. *J Clean Prod.* 2019; 239:118041. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118041.
- 23.** Alurralde AL, Alesso A, Gariglio N, Imhoff S. Response of the olive, cv. 'Arbequina', to the application of compost and compost tea from olive mill waste [Respuesta del olivo, cv. 'Arbequina', a la aplicación de compost y té de compost de alperujo]. *Ciencia del Suelo.* 2023;41(1):42-55.
- 24.** Pavel DC, Mendoza LL. Evaluación de la composición fisicoquímica y bioquímica de biol enriquecido con diferentes concentraciones de alperujo. *ARNALDOA.* 2021;28(2):409-16. doi:10.22497/1599.
- 25.** Chang J, Chang J, Cardoza M, Cabrera J. Aprovechamiento de compost a base de residuos de tierra de blanqueo para mayor rendimiento de betarraga (*Beta vulgaris* L.), Barranca. *Alfa Rev Invest Ciencias Agronómicas y Veterinaria.* 2022;6(18):491-502. doi:10.33996/revistaalfa.v6i18.185.
- 26.** Tuzel Y, Oztekin G, Ekinci K, Varol N, Ozaktan H, Besirli G. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria and olive waste compost on organic tomato seedling production. *Acta Hortic.* 2020; 1273:369-75. doi:10.17660/ActaHortic.2020.1273.48.
- 27.** Filipovic V, Dragicevic S, Andric I, Stanojkovic-Sebic A, Vukasinovic M, Filipovic A, et al. Modeling water flow and phosphorus sorption in a soil amended with sewage sludge and olive pomace as compost or biochar. *Agronomy.* 2020; 11;10(8):1163. doi:10.3390/agronomy10081163.
- 28.** Tubeileh A, Souikane R. Effect of olive vegetation water and compost extracts on seed germination of four weed species. *Curr Plant Biol.* 2020; 22:100150. doi: 10.1016/j.cpb.2020.100150.