



The Biologist (Lima)



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

PHYSICOCHEMICAL AND BIOLOGICAL PARAMETERS OF VITIVINICULTURAL RESIDUES AND THEIR POTENTIAL EFFECT ON SOIL HELMINTHS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DE RESIDUOS VITIVINÍCOLAS Y SU POTENCIAL EFECTO EN HELMINTOS DEL SUELO

René Germán Sosa-Vilca¹ & George Argota-Pérez²

¹ Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Nacional de Moquegua. Moquegua, Perú. rsosav@unam.edu.pe

² Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AMTAWI". Ica, Perú. george.argota@gmail.com

Corresponding Author: rsosav@unam.edu.pe

René Germán Sosa-Vilca:  <https://orcid.org/0000-0003-2248-3464>

George Argota-Pérez:  <https://orcid.org/0000-0003-2560-6749>

ABSTRACT

Vitivinicultural residues constitute a lignocellulosic biomass that, when transformed by yeasts and enzymes, can modify soil conditions and influence the ecology of soil helminths. The objective of this study was to evaluate the physicochemical and biological parameters of vitivinicultural residues and describe their potential effects on soil helminths. The research was descriptive, observational, and exploratory, conducted between March and June 2025 in the laboratories of the Professional School of Agroindustrial Engineering at the Universidad Nacional de Moquegua, Peru. Twenty-four samples of grape pomace (*Vitis vinifera* L.) were analyzed after treatments involving alkaline hydrolysis, enzymatic hydrolysis, and yeast fermentation. The results showed that enzymatic hydrolysis yielded the highest pH (6.0), temperature (60 °C), reducing sugars (34.6 g/L), and ethanol (25%), generating less acidic conditions, greater energy availability, and organic enrichment. These changes may favor the survival of free-living nematodes, select for more resistant species, and increase the population density of soil helminths. It is concluded that the synergistic action of yeasts and enzymes transforms vitivinicultural residues into a key ecological factor in the helminthological dynamics of agricultural soils.

Keywords: agricultural soils – enzymes – grape pomace – helminths – yeasts

RESUMEN

Los residuos vitivinícolas constituyen una biomasa lignocelulósica que, al ser transformada por levaduras y enzimas, puede alterar las condiciones edáficas e incidir en la ecología de los helmintos del suelo. El objetivo del estudio fue evaluar los

Este artículo es publicado por la revista *The Biologist (Lima)* de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.

DOI: <https://doi.org/10.62430/rtb20252322027>



parámetros fisicoquímicos y biológicos de los residuos vitivinícolas y describir su potencial efecto en helmintos del suelo. El estudio fue descriptivo, observacional y exploratorio, realizado entre marzo y junio de 2025 en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Moquegua, Perú. Se analizaron 24 muestras de orujo de uva (*Vitis vinifera* L.) tratadas por hidrólisis alcalina, hidrólisis enzimática y fermentación con levaduras. Los resultados revelaron que la hidrólisis enzimática alcanzó los mayores valores de pH (6,0), temperatura (60 °C), azúcares reductores (34,6 g/L) y etanol (25 %), generando condiciones menos ácidas, mayor energía disponible y enriquecimiento orgánico. Estos cambios podrían favorecer la supervivencia de nematodos de vida libre, seleccionar especies más resistentes y aumentar la densidad poblacional de helmintos edáficos. Se concluye que la acción sinérgica de levaduras y enzimas transforma los residuos vitivinícolas en un factor ecológico clave para la dinámica helmintológica de suelos agrícolas.

Palabras clave: enzimas – helmintos – levaduras – orujo de uva – suelos agrícolas

INTRODUCCIÓN

Los suelos agrícolas representan ecosistemas biológicamente activos donde los parámetros fisicoquímicos como el pH, la temperatura, la humedad y el contenido de materia orgánica determinan la dinámica de sus comunidades biológicas, especialmente de microorganismos e invertebrados del suelo (Ghimire *et al.*, 2024). Entre estos organismos destacan los helmintos, particularmente los nematodos de vida libre y fitoparásitos, que cumplen funciones esenciales en la descomposición de materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y la regulación de poblaciones microbianas. Cualquier alteración en las condiciones edáficas puede modificar la composición y abundancia de estos grupos, convirtiéndolos en indicadores sensibles de los cambios ambientales (Al-Ghamdi, 2021).

La incorporación de residuos agroindustriales al suelo constituye un factor que influye significativamente en dichos parámetros fisicoquímicos y, por tanto, en la estructura ecológica de las comunidades edáficas. En este contexto, los residuos vitivinícolas, particularmente el orujo de uva (*Vitis vinifera* L.), representan una fuente abundante de biomasa lignocelulósica y compuestos fenólicos capaces de modificar el equilibrio químico y biológico del suelo (Singh *et al.*, 2021; Degefe *et al.*, 2025). Estos residuos, ricos en carbono, nitrógeno y polifenoles, favorecen procesos microbianos que transforman su composición inicial, generando cambios en pH, temperatura y disponibilidad de nutrientes (Ilyas *et al.*, 2021; Abreu *et al.*, 2024).

Desde el punto de vista biológico, las levaduras, especialmente *Saccharomyces cerevisiae* (Meyen ex E.C. Hansen, 1883), y las enzimas hidrolíticas asociadas como celulasas, hemicelulasas y pectinasas actúan directamente sobre los residuos vitivinícolas, degradando polisacáridos

complejos y liberando azúcares reductores y compuestos solubles (Takeyama *et al.*, 2020; Raji *et al.*, 2024). Esta biotransformación modifica los parámetros fisicoquímicos del sustrato y genera productos metabólicos que enriquecen el suelo, incrementando su contenido energético y su potencial como hábitat para diversos grupos edáficos, incluidos los helmintos.

En este escenario, los cambios inducidos por la actividad enzimática y microbiana sobre los residuos vitivinícolas pueden tener implicancias ecológicas en los helmintos del suelo, al influir en su supervivencia, reproducción y distribución. Las variaciones en los microhábitats edáficos pueden beneficiar o limitar la presencia de nematodos de vida libre, oligoquetos, nematomorfos o turbelarios, cuyos ciclos biológicos dependen estrechamente del equilibrio fisicoquímico y nutricional del suelo (Mitropoulou *et al.*, 2025). Sin embargo, los estudios que relacionan directamente los efectos fisicoquímicos y biológicos de los residuos vitivinícolas con la ecología de los helmintos edáficos son escasos, lo que limita la comprensión de estas interacciones. En tal sentido, contribuir al conocimiento de las interacciones entre microorganismos, enzimas y comunidades helmintológicas en agroecosistemas sostenibles resulta necesario (Nogales *et al.*, 2020).

El objetivo del estudio fue describir parámetros físico-químicos y biológicos de residuos vitivinícolas y su potencial efecto en helmintos del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue de tipo descriptivo, de carácter observacional y exploratorio, orientado a caracterizar las condiciones fisicoquímicas de residuos vitivinícolas sometidos a

distintos tratamientos y a relacionar esos cambios con posibles implicancias para helmintos edáficos. El estudio se realizó entre los meses de marzo y junio de 2025 en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Moquegua, Perú, utilizando residuos suministrados por la bodega “El Campano”, ubicada en el valle de Samegua, Moquegua (17°11'42" S, 70°56'18" W; -17,1950, -70,9383).

La población estuvo constituida por residuos de orujo de uva (*V. vinifera*) generados en procesos de vinificación. Se seleccionó una muestra representativa de 200 g de orujo fresco por réplica, totalizando 24 unidades experimentales.

El estudio consideró como variable independiente el tipo de tratamiento aplicado a los residuos vitivinícolas, con cuatro niveles definidos: control (sin tratamiento); hidrólisis alcalina, consistente en la adición de una solución alcalina para descomponer la matriz lignocelulósica y liberar componentes solubles (Deniz, 2023); hidrólisis enzimática, realizada mediante la incubación con enzimas específicas para degradar polisacáridos complejos (Khamassi & Dumon, 2023); y fermentación con levaduras, donde los residuos fueron inoculados con cepas de *S. cerevisiae* para favorecer la producción de etanol a partir de azúcares disponibles (Walker & Stewart, 2016).

Las variables dependientes incluyeron el pH promedio, la temperatura, la concentración de azúcares reductores y la producción de etanol. El pH y la temperatura se midieron mediante potenciómetro y termómetro de laboratorio, respectivamente; la concentración de azúcares reductores se determinó utilizando el método de dinitrosalicílico (DNS) (Miller, 1959), y la producción de etanol se evaluó mediante cromatografía de gases con detector de ionización de llama (GC-FID) (Varma *et al.*, 1984). Todos los valores fueron registrados para cada tratamiento y expresados como promedios $\pm$ desviación estándar.

Se consideraron como variables complementarias los parámetros interpretativos asociados a las posibles implicancias ecológicas de los cambios observados en los residuos vitivinícolas, incluyendo el incremento del pH, el aumento de la temperatura, la disponibilidad de azúcares y el enriquecimiento orgánico. Estos efectos sobre los helmintos edáficos fueron evaluados de manera cualitativa, mediante un análisis comparativo basado en la literatura especializada sobre las condiciones del suelo y la dinámica de nematodos fitoparásitos y de vida libre (Shokoohi, 2023; Kumari *et al.*, 2025). Este enfoque permitió inferir las posibles repercusiones ecológicas de los tratamientos aplicados, considerando la sensibilidad de los nematodos a cambios en los parámetros fisicoquímicos y nutricionales del suelo.

Aspectos éticos: El estudio no involucró sujetos humanos ni animales de experimentación. Se realizó bajo condiciones de bioseguridad de laboratorio y con un manejo responsable de los residuos agroindustriales, respetando las normas éticas de investigación microbiológica aplicada.

RESULTADOS

La Tabla 1 presenta los valores promedio de pH, temperatura, concentración de azúcares reductores y producción de etanol obtenidos en los distintos tratamientos aplicados al orujo de uva. El control sin tratamiento mantuvo un pH ácido y una baja concentración de azúcares reductores; sin evidencia de producción de etanol, lo que refleja una actividad microbiológica mínima. La hidrólisis alcalina elevó el pH y aumentó la temperatura operativa, logrando una liberación significativa de azúcares reductores y una producción moderada de etanol, lo que indica una degradación parcial de polisacáridos.

En el tratamiento de hidrólisis enzimática se observaron los valores más altos de azúcares reductores y producción de etanol, bajo condiciones ligeramente más alcalinas y a mayor temperatura. Esto evidencia una mayor eficiencia en la ruptura de enlaces lignocelulósicos debido a la acción catalítica de las enzimas hidrolíticas. La fermentación con levaduras presentó valores intermedios de azúcares reductores y de etanol, asociados a la metabolización de compuestos fermentables y a la generación de productos secundarios. Estos resultados confirman la actividad sinérgica entre levaduras y enzimas, destacando la hidrólisis enzimática como el tratamiento más efectivo para la liberación de sustratos orgánicos que pueden influir en la dinámica de microorganismos y nematodos en suelos agrícolas.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de residuos vitivinícolas según tipo de tratamiento.

Tratamiento	pH promedio	Temperatura (°C)	Azúcares reductores (g/L)	Producción de etanol (%)
Control (sin tratamiento)	4,2	24	5,8	0,0
Hidrólisis alcalina	5,0	50	28,3	16,8
Hidrólisis enzimática	6,0	60	34,6	25,0
Fermentación con levaduras	5,5	30	31,2	18,5

La Tabla 2 presenta los parámetros fisicoquímicos modificados por la acción de levaduras y enzimas y su posible relación con los helmintos edáficos. El incremento del pH se asocia con condiciones menos ácidas que pueden favorecer la supervivencia de nematodos de vida libre. El aumento de la temperatura refleja un posible efecto selectivo sobre las especies presentes, limitando aquellas sensibles y manteniendo las más resistentes. La mayor

disponibilidad de azúcares implica una fuente energética adicional que puede ser aprovechada por la microbiota y los nematodos del suelo. Finalmente, el enriquecimiento orgánico generado por la biotransformación de los residuos puede contribuir a una mayor densidad poblacional de helmintos, al aumentar la cantidad de materia orgánica disponible en el sustrato.

Tabla 2. Implicancias ecológicas potenciales de los parámetros modificados por levaduras y enzimas.

Parámetro modificado	Posible efecto en helmintos edáficos
Incremento del pH	Puede favorecer la supervivencia de nematodos de vida libre
Aumento de temperatura	Podría limitar especies sensibles y seleccionar más resistentes
Azúcares disponibles	Incrementa la fuente energética para microbiota y nematodos
Enriquecimiento orgánico	Potencial aumento en densidad poblacional de helmintos

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian que los tratamientos aplicados al orujo de uva modificaron significativamente los parámetros fisicoquímicos del sustrato, lo que sugiere un potencial impacto en los procesos biológicos del suelo. El incremento del pH y la temperatura, así como el aumento en la concentración de azúcares reductores y la producción de etanol, confirman la acción sinérgica entre levaduras y enzimas durante la biotransformación del material lignocelulósico. Estos cambios indican una mejora en la disponibilidad de sustratos solubles y una intensificación de la actividad microbiana, factores que pueden incidir directamente en la estructura y dinámica de los helmintos edáficos (Singh *et al.*, 2021; Ghimire *et al.*, 2024).

El tratamiento de hidrólisis enzimática destacó por su mayor eficiencia en la liberación de azúcares y en la generación de etanol, lo que refleja una degradación más profunda

de los compuestos lignocelulósicos. La acción catalítica de enzimas como celulasas, hemicelulasas y pectinasas favorece la ruptura de las paredes vegetales y la conversión de polisacáridos en monómeros fermentables, creando un entorno más rico en carbono orgánico (Takeyama *et al.*, 2020; Raji *et al.*, 2024). Este enriquecimiento energético puede estimular tanto la proliferación bacteriana como la de microfauna dependiente de compuestos solubles, entre ellos nematodos de vida libre y fitoparásitos, los cuales responden rápidamente a incrementos en la materia orgánica disponible (Al-Ghamdi *et al.*, 2021; Mitropoulou *et al.*, 2025).

Por otro lado, la elevación del pH desde valores ácidos hacia condiciones neutras observada en los tratamientos enzimáticos y fermentativos podría generar un entorno más favorable para ciertas especies helmintológicas. Los nematodos de vida libre, como *Rhabditis* (Dujardin, 1845), *Panagrellus* (Thorne, 1938) y *Caenorhabditis*

(Dougherty, 1955), suelen presentar mayor abundancia en suelos ligeramente alcalinos, donde la disponibilidad de materia orgánica y microorganismos es elevada. Este cambio químico, junto con el aumento de temperatura, podría además actuar como un mecanismo de selección natural, reduciendo especies más sensibles y permitiendo la persistencia de formas resistentes o adaptadas a condiciones térmicas moderadamente elevadas (Abreu *et al.*, 2024; Degefe *et al.*, 2025).

La fermentación con levaduras produjo valores intermedios en los parámetros medidos, lo que sugiere un equilibrio entre la generación de compuestos orgánicos fermentables y la estabilidad del sustrato. En un contexto edáfico, estos resultados podrían representar un escenario favorable para comunidades mixtas de nematodos saprófitos y fitoparásitos, donde la disponibilidad de recursos energéticos impulsa la competencia y el establecimiento de redes tróficas más complejas. Asimismo, el aumento de azúcares reductores y etanol puede promover la actividad de bacterias y hongos del suelo, contribuyendo a la formación de microhábitats que influyen en la distribución espacial de los helmintos (Ilyas *et al.*, 2021; Raji *et al.*, 2024).

La integración de los resultados de ambas tablas permite inferir que los parámetros fisicoquímicos modificados por levaduras y enzimas constituyen factores ecológicos determinantes en la biología de los helmintos del suelo. En particular, el enriquecimiento orgánico y la mayor disponibilidad de nutrientes podrían incrementar la densidad poblacional de nematodos, mientras que las variaciones en pH y temperatura funcionarían como moduladores selectivos de especies. En conjunto, estos hallazgos respaldan la hipótesis de que los residuos vitivinícolas transformados poseen un papel ecológico activo en los agroecosistemas, al influir indirectamente en la estructura de las comunidades helmintológicas y en la sostenibilidad del suelo agrícola (Nogales *et al.*, 2020; Mitropoulou *et al.*, 2025).

La principal limitación del estudio fue la ausencia de un análisis directo sobre las poblaciones helmintológicas presentes en el suelo tras la incorporación de los residuos tratados. Si bien los parámetros fisicoquímicos permiten inferir condiciones favorables para la supervivencia y proliferación de nematodos, la confirmación experimental de dichos efectos requeriría evaluaciones edáficas controladas que integren componentes biológicos y moleculares.

Los resultados obtenidos confirman que la acción conjunta de levaduras y enzimas en la biotransformación del orujo de uva modifica significativamente los parámetros

fisicoquímicos del sustrato, generando un entorno potencialmente favorable para los nematodos de vida libre y fitoparásitos. La hidrólisis enzimática se identificó como el tratamiento más eficiente en la liberación de azúcares reductores y producción de etanol, evidenciando una mayor degradación de compuestos lignocelulósicos. Estos cambios reflejan un enriquecimiento orgánico y un aumento en la disponibilidad de nutrientes que podrían modular la estructura y dinámica de las comunidades helmintológicas del suelo. En conjunto, el estudio aporta una base ecológica y biotecnológica para futuras investigaciones sobre la interacción entre residuos agroindustriales y helmintofauna edáfica en agroecosistemas sostenibles.

Author contribution: CRediT (Contributor Roles Taxonomy)

RGSV = René Germán Sosa-Vilca

GAP = George Argota-Pérez

Conceptualization: RGSV

Data curation: RGSV

Formal Analysis: RGSV

Funding acquisition: RGSV

Investigation: RGSV

Methodology: RGSV

Project administration: RGSV

Resources: RGSV

Software: GAP

Supervision: RGSV, GAP

Validation: RGSV, GAP

Visualization: RGSV, GAP

Writing – original draft: RGSV, GAP

Writing – review & editing: GAP

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, T., Sousa, P.C., Gonçalves, J., Hontman, N., Teixeira, J.A., Câmara, J.S., & Perestrelo, R. (2024). Grape Pomace as a renewable natural biosource of value-added compounds with potential food industrial applications. *Beverages*, 10, 45.
- Al-Ghamdi, A.A. (2021). Relationship between nematodes and some soil properties in the rhizosphere of

- banana plants. *International Letters of Natural Sciences*, 82, 1-12.
- Degefe, G., Ayele, C., & Shimekit, F. (2025). Windrow composting: a viable option for the management and conversion of various agro-industrial organic wastes in Ethiopia. *Journal of Applied and Natural Science*, 17, 671-676.
- Deniz, I. (2023). Lignin recovery using alkaline pretreatment of walnut shells. *Chemical Engineering & Technology*, 46, 1911-1914.
- Ghimire, O.P., Nepal, J., Poudel, P., & Powar, S. (2024). Unlocking the secrets of soil: exploring the microbiome and its applications-Part 1. *CSANews*, 69, 12-18.
- Ilyas, T., Chowdhary, P., Chaurasia, D., Gnansounou, E., Pandey, A., & Chaturvedi, P. (2021). Sustainable green processing of grape pomace for the production of value-added products: An overview. *Environmental Technology and Innovation*, 23, 101592.
- Khamassi, A., & Dumon, C. (2023). Enzyme synergy for plant cell wall polysaccharide degradation. *Essays in Biochemistry*, 67, 521-531.
- Kumari, S., Kumar, V., & Keshari, N. (2025). Comparative analysis of soil and potato nematode populations from two agro-ecological zones. *International Journal of Advanced Research*, 13, 1084-1088.
- Miller, G.L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31, 426-428.
- Mitropoulou, G., Karapantzou, I., Prapa, I., Papanikolaou, D., Charovas, V., & Kourkoutas, Y. (2025). Physicochemical, microbial, and microbiome dynamics in winery waste composting. *Environmental Science and Pollution Research*, 32, 17952-17967.
- Nogales, R., Fernández, G.M.J., Delgado, M.L., Castillo, D.J.M., & Romero, E. (2020). Eco-friendly vermitechnological winery waste management: a pilot-scale study. *SN Applied Sciences*, 2, 1-13.
- Raji, R.O., Musa, A.O., Akoh, P.Q., Ibrahim, H., Akinsola, R.O., & Oyewole, O.A. (2024). Chapter 9 - Bioconversion of biomass energy and biological residues: the role of microbes. Editorial Elsevier. *Microbial Biotechnology for Bioenergy*, pp. 153-177.
- Shokoohi, E. (2023). Impact of agricultural land use on nematode diversity and soil quality in Dalmada, South Africa. *Horticulturae*, 9, 749.
- Singh, R., Das, R., Sangwan, S., Rohatgi, B., Khanam, R., Peera, S.K.P.G., Das, S., Lyngdoh, Y.A., Langyan, S., Shukla, A., Shrivastava, M., & Misra, S. (2021). Utilisation of agro-industrial waste for sustainable green production: a review. *Environmental Sustainability*, 4, 619-636.
- Takeyama, M.M., Kawaguti, H.Y., Koblitiz, M.G.B., & Fai, A.E.C. (2020). Resíduos agroindustriais como insumos promissores para obtenção de bioprodutos por leveduras - uma breve revisão. *Research, Society and Development*, 9, e588974488.
- Varma, R., Sawant, U.D., & Karanth, N.G. (1984). Estimation of ethanol in fermentation broth by solvent extraction and gas chromatography. *Enzyme and Microbial Technology*, 6, 233-235.
- Walker, G.M., & Stewart, G.G. (2016). *Saccharomyces cerevisiae* in the production of fermented beverages. *Beverages*, 2, 30.

Received September 12, 2025.

Accepted October 31, 2025.