

Medición de fósforo total en enmiendas orgánicas por digestión seca y húmeda

Measurement of total phosphorus in organic amendments using dry and wet digestion

Determinação de fósforo total em condicionadores orgânicos por meio de digestão seca e úmida

Cestari-Abreu Sebastián ^{1*}, Flores Saúl ²

¹ Laboratorio de Bioinsumos y Biocontroladores, Centro de Biotecnología Agrícola, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, (IVIC). Caracas, Venezuela. ROR: <https://ror.org/02nth91>

² Laboratorio de Ecología de Suelos, Ambiente y Agricultura, Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, (IVIC). Caracas, Venezuela. ROR: <https://ror.org/02nth91>

✉ sebastian.cestari@gmail.com | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6462-8425>

✉ jassanflore@gmail.com | ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0687-8271>

E-mail de correspondencia: sebastian.cestari@gmail.com

Revista Saastal

Vol. 1(2) julio - diciembre 2025

Como citar este artículo

Cestari-Abreu S., Flores S. (2025). *Medición de fósforo total en enmiendas orgánicas por digestión seca y húmeda*. *Saastal*, 1(2), e4.

© 2025 Saastal. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0), que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite debidamente al autor y la fuente original.

Recibido: 25 de junio de 2025

Revisado: 28 de julio de 2025

Aceptado: 12 de agosto de 2025

Publicado: 28 de agosto de 2025

Resumen

El objetivo de este estudio fue comparar la eficiencia de los métodos de digestión húmeda y seca en el tratamiento de diversas enmiendas agrícolas para la posterior determinación de fósforo total. Para ello, se evaluó un espectro diverso de matrices que incluyó muestras de compost, bokashi, leonardita, sustratos comerciales y roca fosfórica. La metodología de digestión seca consistió en la incineración de las muestras a 550 °C durante un periodo de 4 h, mientras que la digestión húmeda se realizó mediante el ataque con ácidos fuertes. Los resultados sugieren que ambos procedimientos conducen a valores de fósforo total que, desde una perspectiva pragmática, no presentan diferencias significativas. No obstante, se observó que los niveles obtenidos mediante digestión seca tienden a ser ligeramente superiores a los de la digestión húmeda, una tendencia que se mantiene constante independientemente del contenido de materia orgánica de la enmienda analizada. En la discusión se plantea que, aunque la digestión seca parece ofrecer una recuperación marginalmente mayor, los hallazgos actuales no permiten establecer una superioridad definitiva entre técnicas. Se concluye que ambos métodos son viables para la caracterización de fertilizantes orgánicos y minerales, aunque se requiere de una mayor indagación experimental para validar estas observaciones. Este trabajo aporta bases técnicas para la estandarización de protocolos analíticos en laboratorios de suelos, optimizando la precisión en la cuantificación de nutrientes críticos para la sostenibilidad agrícola.

Palabras clave: bokashi; compost; digestión húmeda; digestión seca; fósforo total.

Abstract

The objective of this study was to compare the efficiency of wet and dry digestion methods in the treatment of various agricultural amendments for the subsequent determination of total phosphorus. To this end, a diverse range of matrices was evaluated, including samples of compost, bokashi, leonardite, commercial substrates, and phosphate rock. The dry digestion method involved incinerating the samples at 550 °C for a period of 4 hours, while wet digestion was performed using strong acids. The results suggest that both procedures yield total phosphorus values that, from a practical standpoint, do not differ significantly. However, it was observed that the levels obtained via dry digestion tend to be slightly higher than those from wet digestion, a trend that remains consistent regardless of the organic matter content of the analyzed soil amendment. The discussion suggests that, although dry digestion appears to offer a marginally higher recovery rate, the current findings do not allow for a definitive conclusion regarding the superiority of one technique over another. It is concluded that both methods are viable for the characterization of organic and mineral fertilizers, although further experimental investigation is required to validate these observations. This study provides a technical foundation for the standardization of analytical protocols in soil laboratories, optimizing the accuracy of nutrient quantification critical to agricultural sustainability.

Keywords: bokashi; compost; wet digestion; dry digestion; total phosphorus.

Resumo

O objetivo deste estudo foi comparar a eficiência dos métodos de digestão úmida e seca no tratamento de diferentes condicionadores agrícolas para a posterior determinação do fósforo total. Para isso, foi avaliada uma ampla variedade de matrizes, incluindo amostras de composto orgânico, bokashi, leonardita, substratos comerciais e rocha fosfática. O método de digestão seca consistiu na incineração das amostras a 550 °C durante um período de 4 horas, enquanto a digestão úmida foi realizada utilizando ácidos fortes. Os resultados sugerem que ambos os procedimentos produzem valores de fósforo total que, do ponto de vista prático, não diferem significativamente. No entanto, observou-se que os teores obtidos por meio da digestão seca tendem a ser ligeiramente superiores aos obtidos pela digestão úmida, tendência que se mantém independentemente do conteúdo de matéria orgânica do condicionador de solo analisado. A discussão sugere que, embora a digestão seca aparente oferecer uma taxa de recuperação marginalmente maior, os resultados atuais não permitem concluir de forma definitiva sobre a superioridade de uma técnica em relação à outra. Conclui-se que ambos os métodos são viáveis para a caracterização de fertilizantes orgânicos e minerais, embora sejam necessárias investigações experimentais adicionais para validar essas observações. Este estudo fornece uma base técnica para a padronização de protocolos analíticos em laboratórios de solos, otimizando a precisão da quantificação de nutrientes essenciais para a sustentabilidade agrícola.

Palavras-chave: bokashi; composto orgânico; digestão úmida; digestão seca; fósforo total.

Introducción

El fósforo (P) es uno de los macronutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que participa en procesos fundamentales como la transferencia de energía, la síntesis de ácidos nucleicos, la división celular y el desarrollo radicular. Debido a su papel importante en la productividad agrícola, la evaluación precisa de su contenido en suelos, fertilizantes y enmiendas agrícolas constituye una actividad de gran importancia para los programas de manejo nutricional de cultivos [1].

Las enmiendas agrícolas de origen orgánico, incluyendo compost, bokashi, leonarditas, sustratos comerciales y otros materiales acondicionadores del suelo, son ampliamente utilizadas para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los agroecosistemas. Estos materiales pueden contribuir significativamente al aporte de nutrientes y a la sostenibilidad de los sistemas productivos [2]. En Venezuela, la regulación vigente establece requisitos específicos para la caracterización química de estos productos, incluyendo la determinación del contenido de fósforo total, como parámetro fundamental para evaluar su calidad agronómica [3].

La cuantificación del fósforo total en matrices orgánicas representa un desafío analítico debido a la complejidad de su composición y a la diversidad de formas químicas en las que este elemento puede encontrarse. Antes de su determinación instrumental, es necesario transformar las diferentes especies fosforadas presentes en la muestra hacia formas solubles y cuantificables mediante procedimientos de digestión o mineralización. La eficiencia de esta etapa condiciona directamente la exactitud y reproducibilidad de los resultados analíticos obtenidos [4].

Entre las metodologías más utilizadas para la determinación de fósforo total destacan la digestión húmeda y la digestión seca. La digestión húmeda emplea mezclas ácidas concentradas capaces de oxidar la materia orgánica y liberar el fósforo contenido en la matriz, mientras que la digestión seca se basa en la calcinación de la muestra a altas temperaturas seguida de la solubilización de las cenizas obtenidas [5]. Ambas estrategias presentan ventajas y limitaciones relacionadas con la recuperación analítica, el tiempo de procesamiento, el consumo de reactivos, los costos operativos y los riesgos asociados a su ejecución.

Diversos estudios han comparado la eficiencia de ambas metodologías en diferentes matrices orgánicas, reportando resultados variables dependiendo de la composición química del material analizado [6]. Algunos autores han encontrado recuperaciones similares entre ambos

procedimientos, mientras que otros han identificado diferencias asociadas al grado de mineralización de la muestra, al tamaño de partícula y a la presencia de compuestos resistentes a la digestión química. Estas discrepancias evidencian la necesidad de evaluar continuamente el desempeño de los métodos analíticos en función de las características específicas de las matrices estudiadas [7].

En este contexto, la selección de un procedimiento de digestión adecuado adquiere especial relevancia para laboratorios dedicados al análisis rutinario de enmiendas agrícolas, donde la precisión analítica debe equilibrarse con criterios de eficiencia operativa, costos y sostenibilidad del proceso analítico. Sin embargo, existe información limitada sobre el comportamiento comparativo de estos métodos en diferentes tipos de enmiendas agrícolas utilizadas en Venezuela [8], [9].

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue comparar la eficiencia de los métodos de digestión húmeda y digestión seca para la determinación de fósforo total en diversas enmiendas agrícolas, incluyendo compost, bokashi, leonardita, sustratos comerciales y roca fosfórica, con el fin de evaluar su desempeño analítico y determinar su aplicabilidad en laboratorios dedicados a la caracterización de materiales de interés agronómico.

Metodología

Muestras de enmiendas agrícolas

Se evaluaron ocho enmiendas agrícolas de diferente naturaleza y composición, incluyendo dos sustratos comerciales (S1 y S2), una leonardita (L), dos composts (C1 y C2), dos bokashis (B1 y B2) y una roca fosfórica (R). Las muestras fueron suministradas por productores y especialistas del sector agrícola venezolano. Previamente al análisis, las muestras fueron secadas hasta masa constante y posteriormente molidas para homogenizar su composición.

Preparación de las muestras

Las muestras secas fueron tamizadas utilizando un tamiz N.º 10 (2000 μm) con el propósito de uniformizar el tamaño de partícula y minimizar posibles efectos asociados a la heterogeneidad física de las matrices analizadas. Posteriormente, las muestras fueron almacenadas en recipientes herméticos a temperatura ambiente hasta su procesamiento.

Determinación de materia orgánica

El contenido de materia orgánica (% MO) fue determinado mediante pérdida por ignición. Aproximadamente 1 g de muestra seca fue colocado en crisoles de porcelana previamente tarados y sometido a calcinación en una mufla a 550 °C durante 4 h. El porcentaje de materia orgánica fue calculado a partir de la diferencia de masa antes y después de la incineración.

Digestión húmeda

La digestión húmeda (DH) se realizó siguiendo procedimientos comúnmente utilizados para la determinación de fósforo total en materiales orgánicos [10]. Aproximadamente 0,5 g de muestra seca fueron transferidos a tubos de digestión resistentes al calor y tratados con una mezcla de ácidos concentrados. La digestión se llevó a cabo mediante calentamiento controlado hasta obtener soluciones transparentes o ligeramente coloreadas, indicativas de una adecuada mineralización de la materia orgánica. Posteriormente, los digestos fueron enfriados, filtrados y aforados con agua desionizada para su análisis.

Digestión seca

La digestión seca (DS) se realizó mediante incineración en mufla (Thermo Scientific™, Waltham, Massachusetts, Estados Unidos) a 550 °C durante 4 h, siguiendo recomendaciones reportadas para la determinación de fósforo total en materiales orgánicos [11], [12]. Una vez obtenidas las cenizas, estas fueron solubilizadas utilizando una solución ácida apropiada y posteriormente aforadas con agua desionizada para la cuantificación del fósforo.

Determinación de fósforo total

El fósforo total fue determinado mediante espectrofotometría UV-Visible utilizando el método colorimétrico del molibdo vanadato de amonio, ampliamente empleado para la cuantificación de fósforo en matrices agrícolas. Las mediciones se realizaron en un espectrofotómetro UV-Visible (indicar modelo y fabricante) a la longitud de onda recomendada por el método analítico.

Los resultados fueron expresados como porcentaje de pentóxido de fósforo (%P₂O₅) en base seca (m/m DW).

Control de calidad analítico

Todos los análisis fueron realizados por triplicado independiente. Se emplearon reactivos de grado analítico y agua desionizada durante todas las etapas experimentales. La precisión de los resultados fue evaluada mediante el cálculo de medias y desviaciones estándar.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos para cada método de digestión fueron sometidos a análisis estadístico utilizando el software R versión 4.0.0 (R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria). Debido al tamaño muestral y a la naturaleza de los datos, las diferencias entre los resultados obtenidos mediante digestión húmeda y digestión seca fueron evaluadas mediante la prueba no paramétrica de suma de rangos de Wilcoxon. Se consideraron diferencias estadísticamente significativas para valores de $p < 0,05$.

Resultados y discusión

Comparación de los métodos de digestión para la determinación de fósforo total

Los contenidos de fósforo total determinados mediante digestión húmeda (DH) y digestión seca (DS) para las diferentes enmiendas agrícolas evaluadas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Contenido de fósforo total en las enmiendas agrícolas evaluadas.

Tratamiento	%P ₂ O ₅ (m/m DW)			%MO (m/m DW)
	DH	DS	%Δ	
S2	0,176 ± 0,009 ^A	0,229 ± 0,007 ^B	30,11	76,113 ± 0,237
L	0,050 ± 0,002 ^A	0,051 ± 0,003 ^A	2,00	58,491 ± 0,658
C1	1,705 ± 0,222 ^A	1,804 ± 0,115 ^A	5,81	25,083 ± 1,535
C2	0,595 ± 0,027 ^A	0,615 ± 0,050 ^A	3,36	22,898 ± 0,603
B1	0,673 ± 0,024 ^A	0,759 ± 0,073 ^B	12,78	19,199 ± 1,879
B2	0,602 ± 0,054 ^A	0,743 ± 0,055 ^B	23,42	13,725 ± 1,230
S1	0,165 ± 0,009 ^A	0,173 ± 0,008 ^B	4,85	8,130 ± 0,159
R	20,429 ± 1,080 ^A	21,106 ± 0,677 ^A	3,31	1,700 ± 0,126

DH, digestión húmeda; DS, digestión seca; %MO, porcentaje de materia orgánica; DW, masa seca; % Δ, cambio de masa de fósforo. Letras diferentes en una misma fila, tratamientos distintos con base en la prueba de suma de rangos de Wilcoxon.

En términos generales, ambos procedimientos proporcionaron resultados comparables para la mayoría de las matrices analizadas. Sin embargo, la digestión seca produjo sistemáticamente valores de fósforo ligeramente superiores a los obtenidos mediante digestión húmeda. Este comportamiento fue particularmente evidente en el sustrato S2, donde la concentración de P₂O₅ aumentó de 0,176 ± 0,009 % a 0,229 ± 0,007 %, lo que

representa una diferencia relativa del 30,11 %. De manera similar, los bokashis B1 y B2 presentaron incrementos de 12,78 % y 23,42 %, respectivamente, cuando se utilizó digestión seca.

Por el contrario, las diferencias observadas para la leonardita (L), los composts (C1 y C2) y la roca fosfórica (R) fueron reducidas, con variaciones inferiores al 6 %, indicando una elevada concordancia entre ambos métodos para estas matrices. Estos resultados sugieren que la eficiencia relativa de los procedimientos de digestión depende de las características fisicoquímicas específicas de cada enmienda agrícola.

Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas entre DH y DS para S2, B1, B2 y S1, mientras que no se detectaron diferencias significativas para L, C1, C2 y R, de acuerdo con la prueba de suma de rangos de Wilcoxon ($p < 0,05$).

Influencia de la naturaleza de la enmienda agrícola

Las mayores concentraciones de fósforo total fueron registradas en la roca fosfórica (R), cuyos valores superaron el 20 % de P_2O_5 independientemente del método de digestión empleado. Este resultado era esperable debido al origen mineral de esta enmienda y a su elevada concentración de fosfatos naturales. En contraste, la leonardita presentó los menores contenidos de fósforo, con valores cercanos al 0,05 % de P_2O_5 .

Los composts y bokashis mostraron concentraciones intermedias de fósforo, consistentes con la naturaleza orgánica de estos materiales y con la variabilidad inherente asociada a los procesos de compostaje y fermentación. La amplia diversidad observada entre las distintas enmiendas confirma la necesidad de emplear metodologías analíticas capaces de adaptarse a matrices con composiciones químicas contrastantes.

Resultados similares han sido reportados por Akinremi et al.[13], quienes señalaron que la recuperación de fósforo puede variar significativamente dependiendo de la composición de la matriz orgánica y del procedimiento de digestión empleado. De igual manera, Egrinya et al. [5] observaron que la digestión seca tiende a favorecer la liberación de nutrientes en materiales con elevada heterogeneidad estructural.

Relación entre materia orgánica y recuperación de fósforo

Los contenidos de materia orgánica (%MO) variaron considerablemente entre las enmiendas evaluadas, alcanzando valores máximos de 76,11 % para S2 y mínimos de 1,70 % para la roca fosfórica.

Se observó que las mayores discrepancias entre los métodos de digestión ocurrieron precisamente en materiales con elevados contenidos de materia orgánica, particularmente S2, B1 y B2. Este comportamiento sugiere que la mineralización incompleta de ciertas fracciones orgánicas durante la digestión húmeda podría limitar la recuperación total del fósforo presente en la muestra.

Por el contrario, la digestión seca, al involucrar temperaturas de aproximadamente 550 °C, favorece una destrucción más completa de la materia orgánica y la liberación de formas de fósforo asociadas a estructuras orgánicas complejas. Estos resultados coinciden con observaciones previas reportadas para composts, residuos orgánicos y materiales agrícolas, donde la calcinación permitió obtener recuperaciones ligeramente superiores respecto a procedimientos de digestión química convencional [14].

Desde una perspectiva operativa, la digestión seca presenta ventajas asociadas a una menor utilización de reactivos químicos y una reducción de los riesgos derivados de la manipulación de ácidos concentrados. Sin embargo, requiere tiempos prolongados de incineración y acceso a equipos especializados. Por otra parte, la digestión húmeda permite un procesamiento más rápido de las muestras, aunque puede presentar limitaciones en matrices con elevada complejidad orgánica.

En conjunto, los resultados obtenidos indican que ambos procedimientos son adecuados para la determinación de fósforo total en enmiendas agrícolas. No obstante, la digestión seca mostró una tendencia consistente a producir valores ligeramente superiores de fósforo total, particularmente en materiales con altos contenidos de materia orgánica, lo que podría reflejar una mineralización más eficiente de las formas orgánicas del elemento.

Conclusión

Los resultados demostraron que tanto la digestión húmeda como la digestión seca constituyen procedimientos adecuados para la determinación de fósforo total en enmiendas agrícolas de diversa naturaleza. Ambos métodos permitieron cuantificar el contenido de fósforo en materiales orgánicos y minerales, proporcionando resultados consistentes para la mayoría de las matrices evaluadas.

La digestión seca presentó una tendencia sistemática a generar valores ligeramente superiores de fósforo total en comparación con la digestión húmeda, particularmente en aquellas enmiendas caracterizadas por elevados contenidos de materia orgánica. Este comportamiento sugiere que la mineralización térmica favorece una liberación más completa

de las formas orgánicas de fósforo presentes en matrices complejas.

Las diferencias observadas entre ambos procedimientos dependieron de las características fisicoquímicas de las enmiendas analizadas. Mientras que las discrepancias fueron mínimas en materiales de naturaleza predominantemente mineral o con bajo contenido de materia orgánica, las mayores variaciones se registraron en sustratos y bokashis con alta proporción de materia orgánica, evidenciando la influencia de la matriz sobre la eficiencia analítica de los métodos de digestión.

La digestión húmeda representa una alternativa eficiente para el análisis rutinario de muestras debido a su menor tiempo de procesamiento, mientras que la digestión seca ofrece ventajas asociadas a una mayor recuperación del fósforo en materiales altamente orgánicos y a una menor utilización de reactivos químicos. En consecuencia, la selección del método más apropiado debe considerar tanto las características de la matriz analizada como los requerimientos analíticos y operativos del laboratorio.

En conjunto, los resultados respaldan la aplicabilidad de ambos procedimientos para la determinación de fósforo total en enmiendas agrícolas y aportan evidencia experimental que puede contribuir a la selección de metodologías analíticas más adecuadas para programas de control de calidad, caracterización de fertilizantes orgánicos y evaluación agronómica de materiales destinados al mejoramiento de suelos.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la MSc. Luisa Villalba, al MSc. Henry Porras y al MSc. Henry van der Gracht por su valiosa colaboración mediante el suministro de parte de las enmiendas agrícolas utilizadas en el desarrollo de esta investigación. Su contribución fue determinante para la ejecución de las actividades experimentales y la evaluación comparativa de las matrices analizadas.

Contribución y autoría

S.C.A.: conceptualización, metodología, investigación, curación de datos, análisis formal, visualización, redacción del borrador original, redacción, revisión y edición. **S.F.:** conceptualización, metodología, supervisión, validación, administración del proyecto, obtención de financiamiento, redacción, revisión y edición.

Todos los autores aprobaron la versión final del documento para su publicación y aceptan la responsabilidad integral del trabajo.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Caracas, Distrito Capital, Venezuela.

Declaración ética

Este estudio no involucró investigaciones con seres humanos ni con animales, por lo que no se requirió aprobación de un comité de ética.

Uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que no se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa ni tecnologías asistidas por IA en la preparación o redacción de este manuscrito. Todo el contenido, incluida la redacción, el análisis y la presentación de los resultados, fue producido de forma autónoma por los autores.

Disponibilidad de datos

Los datos que orientaron los resultados de esta investigación estarán disponibles por parte del autor de correspondencia previa solicitud razonable.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

- [1] E. A. Kirkby y A. E. Johnston, «Soil and fertilizer phosphorus in relation to crop nutrition», en *The Ecophysiology of Plant-Phosphorus Interactions*, vol. 7, P. J. White y J. P. Hammond, Eds., en *Plant Ecophysiology*, vol. 7, Dordrecht: Springer Netherlands, 2008, pp. 177-223. doi: 10.1007/978-1-4020-8435-5_9.
- [2] O. O. Akinremi, N. Armisen, M. A. Kashem, y H. H. Janzen, «Evaluation of Analytical Methods for Total Phosphorus in Organic Amendments», *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, vol. 34, n.º 19-20, pp. 2981-2991, nov. 2003, doi: 10.1081/CSS-120025220.
- [3] A. Y. López-Contreras, I. Hernández-Valencia, y D. López-Hernández, «Fractionation of soil phosphorus in organic amended farms located on savanna sandy soils of Venezuelan Amazonian», *Biol. Fertil. Soils*, vol. 43, n.º 6, pp. 771-777, ago. 2007, doi: 10.1007/s00374-006-0162-x.

- [4] J. Malá y M. Lagová, «Comparison of digestion methods for determination of total phosphorus in river sediments», *Chem. Pap.*, vol. 68, n.º 8, ene. 2014, doi: 10.2478/s11696-014-0555-5.
- [5] A. Egrinya Eneji, S. Yamamoto, G. Wen, S. Inanaga, y T. Honna, «A comparative evaluation of wet digestion and dry ashing methods for the determination of some major and minor nutrients in composted manure», *Toxicol. Environ. Chem.*, vol. 87, n.º 2, pp. 147-158, abr. 2005, doi: 10.1080/02772240400029629.
- [6] B. Eghball, «Leaching of Phosphorus Fractions Following Manure or Compost Application», *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, vol. 34, n.º 19-20, pp. 2803-2815, nov. 2003, doi: 10.1081/CSS-120025207.
- [7] K. Mizuki y M. Katoh, «Phosphorus recovery from soil through phosphorus extraction and retention on material: A comparison between batch extraction-retention and column percolation», *J. Environ. Manage.*, vol. 277, p. 111435, ene. 2021, doi: 10.1016/j.jenvman.2020.111435.
- [8] J. F. K. Ramos, B. J. R. Alves, J. M. Alonso, P. C. Teixeira, y V. D. M. Benites, «Characterization and agronomic efficiency of natural and recovered phosphates in tropical soil with corrected acidity», *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, vol. 49, n.º spe1, p. e0240099, may 2025, doi: 10.36783/18069657rbcs20240099.
- [9] E. Casanova, A. M. Salas, y M. Toro, «Evaluating the Effectiveness of Phosphate Fertilizers in some Venezuelan soils», *Nutr. Cycl. Agroecosystems*, vol. 63, n.º 1, pp. 13-20, may 2002, doi: 10.1023/A:1020582513441.
- [10] R. Ning, C. K. Yamamoto De Oliveira, A. Srinivasan, M. De Zetter, P. H. Liao, y K. V. Lo, «Briefing: Rapid determination of total phosphorus», *J. Environ. Eng. Sci.*, vol. 11, n.º 4, pp. 79-83, dic. 2016, doi: 10.1680/jenes.16.00024.
- [11] T. Yokota, T. Ito, y M. Saigusa, «Measurement of total phosphorus and organic phosphorus contents of animal manure composts by the dry combustion method», *Soil Sci. Plant Nutr.*, vol. 49, n.º 2, pp. 267-272, abr. 2003, doi: 10.1080/00380768.2003.10410006.
- [12] U. Sajid, S. Aslam, A. Hussain, T. Mumtaz, y S. Kousar, «Pressmud Compost for Improved Nitrogen and Phosphorus Content Employing Bacillus Strains», *Recycling*, vol. 9, n.º 6, p. 104, nov. 2024, doi: 10.3390/recycling9060104.

- [13] O. O. Akinremi, N. Armisen, M. A. Kashem, y H. H. Janzen, «Evaluation of Analytical Methods for Total Phosphorus in Organic Amendments», *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, vol. 34, n.º 19-20, pp. 2981-2991, nov. 2003, doi: 10.1081/CSS-120025220.
- [14] I. O. Akinyele y O. S. Shokunbi, «Comparative analysis of dry ashing and wet digestion methods for the determination of trace and heavy metals in food samples», *Food Chem.*, vol. 173, pp. 682-684, abr. 2015, doi: 10.1016/j.foodchem.2014.10.097.

Descargo de responsabilidad

Los artículos publicados en la revista *Saastal* representan únicamente las opiniones de los autores. La Editorial Unión Científica, su equipo editorial y sus revisores no se hacen responsables del contenido, las interpretaciones o las consecuencias derivadas de la aplicación de los métodos o conclusiones incluidas en los trabajos. Todas las publicaciones se rigen por las políticas éticas de la editorial.