

EN

Physicochemical analysis of a hydrolyzate biofertilizer for use in agriculture

ES

Análisis fisicoquímico de un biofertilizante hidrolizado para uso en la agricultura

Víctor Hernández Ramírez*; Julio César Rosales Paredes; Hugo Andrés Hernández Rodríguez

¹Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, ave. Universidad Tecnológica núm. 1000, Tierra Negra. C.P. 73080, Xicotepec de Juárez, Xicotepec, Puebla. México.

*Corresponding author:
victor.hernandez707@
utxicotepec.edu.mx

ORCID: 0009-0003-2798-5316

Received: November 9, 2023.

Accepted: March 11, 2024.

DOI:
10.5154/r.rchsat.2023.04.02

Abstract

The use of biofertilizers and organic fertilizers in alternative agriculture helps reduce the environmental impact caused by the use of products in conventional agriculture. The use of hydrolyzates as biofertilizers, whose formulation contains macro and microelements, can improve crop productivity. The objective of this research was to physicochemically characterize a hydrolyzate biofertilizer through laboratory tests to provide a reliable alternative for nutrition for sustainable crops in the region of Sierra Norte, Puebla. The biofertilizer was made by integrating mineral and organic materials available in the region, monitoring physicochemical characteristics, and modifying the added amounts of each ingredient. The physical characteristics were dark brown color, liquid consistency, low viscosity, and absence of foam, indicating a correct and finished fermentation process. The chemical characteristics obtained were pH of 7.04 and electrical conductivity of 1.57 dS·m⁻¹. The potassium (K⁺) content was 1000 ppm, NO₃ of 1200 ppm, Na⁺ of 2100 ppm and a percentage of 12.5 % CaCO₃. This indicates that it can be used directly in any soil or in hydroponic solutions. In conclusion, the nutrient content and balance should be taken as a reference point in typical or common hydroponic nutrient solutions for alternative agriculture; nevertheless, it can be used in soil fertilization or plant fertilization.

Keywords: Agronomy, fertilizers, plant products (Thesauri), hydrolyzates, physicochemical characterization

Resumen

El uso de biofertilizantes y abonos orgánicos en la agricultura alternativa contribuye a disminuir el impacto ambiental causado por el uso de productos en la agricultura convencional. El empleo de hidrolatos como biofertilizantes, cuya formulación contiene macro y microelementos, puede mejorar la productividad de los cultivos. El objetivo de la investigación fue caracterizar fisicoquímicamente un biofertilizante hidrolizado mediante pruebas de laboratorio para brindar una alternativa confiable de nutrición para los cultivos sustentables de la región Sierra Norte del estado de Puebla. El biofertilizante se realizó integrando materiales minerales y orgánicos de acceso en la región, monitoreando características fisicoquímicas y modificando las cantidades agregadas de cada ingrediente. Las características físicas fueron: color café oscuro, consistencia líquida, poco viscosa y ausencia de espuma, lo que indica un proceso fermentativo correcto y finalizado. Las características químicas obtenidas fueron: pH de 7.04 y conductividad eléctrica de 1.57 dS·m⁻¹. El contenido de Potasio (K⁺) fue 1000 ppm, NO₃ de 1200 ppm, Na⁺ de 2100 ppm y un porcentaje de 12.5 % de CaCO₃. Esto indica que puede ser utilizado directamente en cualquier suelo o en soluciones hidropónicas. En conclusión, el contenido y balance nutricional debe ser tomado como punto de referencia en las soluciones nutritivas típicas o comunes de la hidroponía para agriculturas alternativas, no obstante, puede ser utilizado en la fertilización al suelo o a la planta.

Palabras clave: Agronomía, fertilizantes, productos de plantas (Tesauros), hidrolatos, caracterización fisicoquímica.



Please cite this article as follows (APA 7): Hernández Ramírez, V., Rosales Paredes, J. C., & Hernández Rodríguez, H. A. (2024). Physicochemical analysis of a hydrolyzate biofertilizer for use in agriculture. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 4(1). doi: 10.5154/r.rchsat.2023.04.02

Introduction

Hydrolyzates are biopreparations containing macro and microelements obtained naturally, which are generated from the processing of plants or some of their parts, which are enriched with local microbiota such as mycorrhizal fungi, nitrogen-fixing bacteria, etc. They are enriched with mountain microorganisms (MM), fruits of piñanone (*Monstera deliciosa* Liebm. Araceae), aloe vera (*Aloe vera* (L) Burm.f. Xanthorrhoeaceae), wood ash, rock flour, leonardite, eggshell, agricultural lime, molasses, humic and fulvic acids, among other elements that will depend on the site where it is made. Some scientific studies have shown that hydrolates allow organic fertilizers to be more efficient when applied and absorbed by plants (Hoyos Cabrera, 2006).

In the “Sierra Norte” region of the state of Puebla, the contamination of rivers, lakes and water bodies has increased due to the poor management of chemical waste from agriculture, which generates pollution (Vega Oliva, 2017); that is the case of Tenango de las Flores, Huauchinango, Puebla, with economic activity of ornamental flower production in which large amounts of synthetic fertilizers are used to achieve efficient production. The waste generated and containers end up in bodies of water, soil or garbage deposits, causing contamination, soil degradation, diseases and pest resistance (Arciniega et al., 2021; Carreño-Meléndez et al., 2019); as well as damage to people’s health (Aguilar González et al., 2021) and to ecosystems (Trujillo-Rugamas et al., 2022).

This leads to consider nutrition alternatives for crops. “The use of biofertilizers as organic fertilizers in sustainable agriculture has benefits in the physicochemical characteristics of the soil, Strong root growth, foliage, flowering and fruiting, providing plants with greater resistance against pests and diseases and a quick recovery after harvest” (Canseco Martínez, 2020); in addition, it reduces the negative effects of conventional fertilizers on the environment (Canseco Martínez, 2020); furthermore, it reduces the negative effects of conventional fertilizers on the environment. (Campo Martínez, 2014).

Hydrolyzates owe their name to the process of hydrolysis, which generally refers to “the breaking of a bond by the incorporation of one or both ions of water in the products of hydrolysis” (Flores et al., 2008). It can also be understood as “a chemical reaction in which water molecules (H_2O) are split into their component atoms (hydrogen and oxygen). In turn, in the hydrolysis process, the atoms composing the water molecules

Introducción

Los hidrolatos son biopreparados que contienen macro y microelementos obtenidos de manera natural, los cuales se generan a partir del procesamiento de plantas o de alguna de sus partes, los cuales se enriquecen con microbiota local como hongos micorrízicos, bacterias fijadoras de nitrógeno, etc. Se enriquecen con microorganismos de montaña (MM), frutos de piñanona (*Monstera deliciosa* Liebm. Araceae), sábila (*Aloe vera* (L) Burm.f. Xanthorrhoeaceae), ceniza de madera, harina de roca, leonardita, cáscara de huevo, cal agrícola, melaza, ácidos húmicos y fúlvicos, entre otros elementos que dependerán del sitio donde se elabora. En algunos estudios científicos se ha demostrado que los hidrolatos permiten que los abonos orgánicos sean más eficientes al momento de aplicarse y ser absorbidos por las plantas (Hoyos Cabrera, 2006).

En la región “Sierra Norte” del estado de Puebla, se ha incrementado la contaminación de ríos, lagos y cuerpos de agua, debido al mal manejo de residuos químicos provenientes de la agricultura, los cuales generan contaminación (Vega Oliva, 2017); tal es el caso de Tenango de las Flores, Huauchinango, Puebla, con actividad económica de producción de flores de ornato en la cual, se emplean grandes cantidades de fertilizantes sintéticos para lograr una producción eficaz. Los residuos generados y envases terminan en cuerpos de agua, suelo o depósitos de basura, provocando contaminación, degradación de suelos, enfermedades y resistencia de plagas (Arciniega et al., 2021; Carreño-Meléndez et al., 2019); así como daños a la salud de las personas (Aguilar González et al., 2021) y a los ecosistemas (Trujillo-Rugamas et al., 2022).

Lo anterior, conlleva a considerar alternativas de nutrición para los cultivos. “El uso de biofertilizantes como abonos orgánicos en la agricultura sustentable, tiene beneficios en las características físicoquímicas del suelo, crecimiento vigoroso de raíces, follajes, floración y fructificación, lo que permite a las plantas una mayor resistencia contra plagas y enfermedades y a su rápida recuperación después de la cosecha” (Canseco Martínez, 2020); además, reduce los efectos negativos de los fertilizantes convencionales en el ambiente (Campo Martínez, 2014).

Los hidrolatos deben su nombre al proceso de hidrólisis, que se refiere generalmente al “rompimiento de un enlace por la incorporación de uno de los iones del agua o bien de los dos en los productos de la hidrólisis” (Flores et al., 2008). Puede entenderse también como “una reacción química en la que moléculas de

form chemical bonds with the substance reacting with water” (Britannica, 2023).

Hydrolates (biofertilizers) contain elements such as N, Ca, K, among others. These elements are important due to their role in plant nutrition; moreover, they have effects on the physical and chemical characteristics of the soil (Luna and Mesa, 2016; Torres et al., 2022; Ramírez Marrache et al., 2019).

The hydrolyzate biofertilizer has different materials and elements such as potassium, nitrates, sodium, carbonates, leonardite, mountain microorganisms, ash, eggshell, sodium carbonate, calcium, among others. Each element generates contributions as follows:

Leonardite “is an organic mineral extracted from lignite deposits which has high amounts of humic acids that favor crop production” (Ahmad et al., 2013). Mountain microorganisms “are a liquid or solid consortium of beneficial microorganisms, produce useful substances including amino acids, nucleic acids, bioactive substances and sugars that promote plant growth and can suppress the presence of pathogens (Ramírez Marrache et al., 2019). Authors such as Luna and Mesa (2016), group them into microorganisms of the lactic acid group, photosynthetic bacteria, yeast group, actinomycetes group and fungi, among others. These are collected from natural systems with low or no anthropic contamination, coexisting naturally in the local ecosystem. Their use generates positive effects for a balanced environment (Higa, 2013), they also have properties in the improvement of soil, plant and rhizosphere characteristics (Herrera Monroy et al., 2023). “Wood ash presents important contents of different nutrients such as K, P, Mg and Ca, which are found in relatively soluble forms” (Someshwar, 1996). Some elements present in biofertilizers can be presented in alkaline forms such as oxides (CaO, CaMgO₂), hydroxides (KOH, Ca(OH)₂) and carbonates (CaCO₃), so, it is possible to use them to correct soil acidity (Ohno & Erich, 1990). Rock flour has an influence on the hydric reduction of the plant, in addition to the fact that, being a mixed material, the greater the variety of rocks used to make it, the greater the mineral content and diversity it will have (Albiach et al., 2001). Potassium hydroxide is used to adjust pH and alkalinity (Lazo Burgos, 2018).

About carboxylic acids Abascal (2018) mentions that:

“There are biostimulants based on organic chemical compounds such as carboxylic acids. These acids from humus have a high electrical conductivity. Both acids stick to the roots of the

agua (H₂O) se dividen en sus átomos componentes (hidrógeno y oxígeno). A su vez, en el proceso de hidrólisis, los átomos que componen las moléculas de agua pasan a formar enlaces químicos con la sustancia que reacciona con el agua” (Britannica, 2023).

Los hidrolatos (biofertilizante) contienen elementos como N, Ca, K, entre otros. Los cuales son importantes debido al papel en la nutrición vegetal; a su vez, estos elementos tienen efectos sobre las características físicas y químicas del suelo (Luna y Mesa, 2016; Torres et al., 2022; Ramírez Marrache et al., 2019).

El biofertilizante hidrolizado contiene diversos materiales y elementos como potasio, nitratos, sodio, carbonatos, leonardita, microorganismos de montaña, ceniza, cáscara de huevo, carbonato de sodio, calcio, entre otros. Cada elemento genera aportes como se detalla a continuación:

La leonardita “es un mineral orgánico que se extrae de depósitos de lignito la cual presenta altas cantidades de ácidos húmicos que favorecen la producción de los cultivos” (Ahmad et al., 2013). Los microorganismos de montaña “son un consorcio líquido o sólido de microorganismos benéficos, producen sustancias útiles que incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares que promueven el crecimiento de las plantas y pueden suprimir la presencia de patógenos (Ramírez Marrache et al., 2019). Autores como Luna y Mesa (2016), los agrupan en microorganismos del grupo ácido láctico, bacterias fotosintéticas, grupo de las levaduras, grupo de los actinomicetos y hongos, entre otros. Estos son recolectados de sistemas naturales con baja o nula contaminación antrópica, coexistiendo de forma natural en el ecosistema local. Su uso genera efectos positivos para un ambiente en equilibrio (Higa, 2013), también tienen propiedades en la mejora de las características del suelo, de la planta y de la rizosfera (Herrera Monroy et al., 2023). “La ceniza de madera presenta contenidos importantes de diferentes nutrientes como K, P, Mg y Ca, los cuales se encuentran en formas relativamente solubles” (Someshwar, 1996). Algunos elementos presentes en los biofertilizantes se pueden presentar en formas alcalinas como óxidos (CaO, CaMgO₂), hidróxidos (KOH, Ca(OH)₂) y carbonatos (CaCO₃), por lo que, es posible su uso para corregir la acidez de suelos (Ohno & Erich, 1990). La harina de roca tiene influencia en la reducción hídrica de la planta, además de que, al tratarse de un material mixto, entre mayor variedad de rocas se usen para realizarla, mayor contenido y diversidad mineral tendrá (Albiach et al., 2001). El hidróxido de potasio es usado para ajustar el pH y la alcalinidad (Lazo Burgos, 2018).

plant and thanks to their negative charges are able to attract more cations while helping the root to expand in search of cations” (p. 1).

Eggshells help the soil to maintain a pH suitable for plants due to the neutralizing effect of their calcium carbonate content; eggshells and agricultural lime are a way to restore acidic soils, help neutralize aluminum toxicity, disinfect the soil and provide calcium (Encina, 2017).

The physicochemical properties of biofertilizers should be known to have a reference of the quality and capacity to improve soil fertility. Moreover, physicochemical characterization can also help identify the nutrients contained in organic fertilizers, which is important in determining and recommending the optimum amount of fertilizer to apply to a particular crop. Physicochemical characterization can also help identify potential negative effects that organic fertilizers may have on the soil, plant and environment. For example, very acidic pH, high content of salts or microorganisms harmful to plants (Torres et al., 2016; Kebrom et al., 2019).

In response to the need to stop the use of synthetic products in agriculture and efficiently utilize organic fertilizers and biofertilizers, the objective of the research was to physicochemically characterize a hydrolyzate biofertilizer with laboratory tests to provide a reliable alternative for nutrition in sustainable crops in the Sierra Norte region of Puebla.

Materials and Methods

The present study was carried out at the facilities of the Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez (UTXJ). The preparation and physicochemical analysis of hydrolates were carried out in the Field Classroom and Chemistry Laboratory of the UTXJ.

For the preparation of the hydrolates, we followed the guidelines established by NOM-003-STPS-2017, which sets the standards for the production or handling of biofertilizers.

Due to the low quantity of hydrolate required for characterization, the excess was considered for use in horticultural crops. Therefore, a portion of 50 liters of hydrolate was produced (Table 1)

To prepare the hydrolat solution, the aloe was removed from its shell and liquefied to facilitate mixing. *M. deliciosa* fruit was shelled and incorporated into the container with the aloe vera and the crushed eggshells

Sobre los ácidos carboxílicos Abascal (2018) menciona que:

“Existen bioestimulantes a base de compuestos químicos orgánicos como lo son los ácidos carboxílicos. Estos ácidos provenientes del humus poseen una alta conductividad eléctrica. Ambos ácidos se adhieren a las raíces de la planta y gracias a sus cargas negativas son capaces de atraer más cationes al mismo tiempo que ayudan a la raíz a expandirse en búsqueda de cationes” (p. 1).

Las cáscaras de huevo ayudan a la tierra a mantener un pH adecuado para las plantas por el efecto neutralizante por su contenido de carbonato de calcio; las cáscaras de huevo y la cal agrícola son una forma para restablecer suelos ácidos, ayudan a neutralizar la toxicidad de aluminio, desinfectando el suelo y aportando calcio (Encina, 2017).

Las propiedades fisicoquímicas de los biofertilizantes se deben conocer para tener referencia de la calidad y capacidad para mejorar la fertilidad del suelo. Además, la caracterización fisicoquímica también puede ayudar a identificar los nutrientes que contienen los abonos orgánicos, lo que es importante para determinar y recomendar la cantidad óptima de abono que se debe aplicar a un cultivo en particular. La caracterización fisicoquímica también puede ayudar a identificar los posibles efectos negativos que los abonos orgánicos pueden tener en el suelo, planta y en el medio ambiente. Por ejemplo, pH muy ácidos, alto contenido de sales o microorganismos dañinos para las plantas (Torres et al., 2016; Kebrom et al., 2019).

Ante la necesidad de frenar el uso de productos sintéticos en la agricultura y utilizar de forma eficiente los fertilizantes orgánicos y biofertilizantes, el objetivo de la investigación fue caracterizar fisicoquímicamente un biofertilizante hidrolizado mediante pruebas de laboratorio para brindar una alternativa confiable de nutrición para los cultivos sustentables de la región Sierra Norte del estado de Puebla.

Materiales y métodos

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez (UTXJ). La preparación y análisis fisicoquímicos de hidrolatos se realizaron en Aula de Campo y Laboratorio de Química de la UTXJ.

Para la preparación de los hidrolatos, se trabajó según lo establecido por la NOM-003-STPS-2017, la

Table 1. Materials used for the preparation of 50 liters of hydrolate.**Cuadro 1. Materiales utilizados para la elaboración de 50 litros de hidrolato.**

Material	Quantity / Cantidad
Mountain microorganisms (Liquid) / Microorganismos de montaña (Líquido)	1 L
<i>Monstera deliciosa</i> fruits / Frutos de piñanona (<i>Monstera deliciosa</i>)	2 kg
Aloe vera leaves / Hojas de sábila (<i>Aloe vera</i>)	0.5 kg
Agricultural lime / Cal agrícola	0.5 kg
Wood ash / Ceniza de madera	250 g
Molasses / Melaza	1.5 kg
Leonardite / Leonardita	0.5 kg
Eggshell / Cascaron de huevo	0.5 kg
Water / Agua	50 L

(washed and dried beforehand). The 50 L of water were added, as well as the mountain microorganisms, produced at the same university, the wood ash and the leonardite (obtained from fertilizer commercialization companies). Every 12 hours the solution was mixed for 20 minutes, this process was repeated for 6 days, with the purpose of assuring the hydrolysis process when the water interacted with the compounds of the other elements integrated in the biofertilizer. After this time, the hydrolate was stored in plastic containers with lids to protect it from the sun and external agents.

For the analysis of hydrolats, two preparations were carried out on different dates. The first was carried out to obtain preliminary measurements and determinations. With these results, the second preparation was adapted, in which only 12 L were made (Table 2), following the corresponding proportions. In the second preparation, the main objective was to bring the pH to optimum levels for the availability of nutrients (Table 2).

The Mexican Official Standard: NOM-021-RECNAT-2000, establishes the specifications of fertility, salinity and soil classification. Studies, sampling and analysis. These analyses and studies indicate the amount of potassium, nitrate, sodium, carbonates, calcium and pH. The physicochemical analyses were carried out with the laquatwin equipment (HORIBA scientific, Mexico).

A method was used to determine carbonates by treating the sample with a solution of HCl to neutralize it. The excess acid that is not used in the reaction is titrated with a NaOH solution (1.0 M concentration). The results of the analysis included the calcite solution CaCO_3 .

For the determination of carbonates, 2 ml of hydrolat was added and placed in a glass container with screw

cual establece los lineamientos para la elaboración o manipulación de biofertilizantes.

Debido a que es baja la cantidad de hidrolato requerida para la caracterización, se consideró la elaboración con el excedente para uso en cultivos hortícolas, por lo cual, se realizó una porción de 50 litros de hidrolato (Cuadro 1).

Para preparar la solución de hidrolatos se retiró la sábila de su cáscara y se licuó para facilitar la mezcla. El fruto de la *M. deliciosa* se desgranó y se incorporó al recipiente con la sábila y las cáscaras de huevo trituradas (lavadas y secadas con anticipación). Se agregaron los 50 L de agua, así como los microorganismos de montaña, producidos en la misma universidad, la ceniza de madera y la leonardita (obtenida de casas comercializadoras de fertilizantes). Cada 12 horas se realizó la mezcla de la solución durante 20 minutos, este proceso se repitió durante 6 días, con la finalidad de asegurar el proceso de hidrólisis al interactuar el agua con los compuestos de los demás elementos integrados en el biofertilizante. Cumplido ese tiempo, el hidrolato se almacenó en botes de plástico con tapa para protegerlo del sol y agentes externos.

Para el análisis de hidrolatos se realizaron dos preparaciones en fechas diferentes. El primero se realizó para obtener las mediciones y determinaciones preliminares. Con esos resultados se adecuó la segunda preparación en la cual, solo se realizaron 12 L (Cuadro 2), siguiendo las proporciones correspondientes. En la segunda preparación se buscó principalmente llevar el pH a niveles óptimos para la disponibilidad de nutrientes. (Cuadro 2).

La Norma Oficial Mexicana: NOM-021-RECNAT-2000, establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.

Table 2. Materials used for the preparation of 12 liters of hydrolate.**Cuadro 2. Materiales utilizados para la elaboración de 12 litros de hidrolato.**

Material	Quantity / Cantidad
Mountain microorganisms (Liquid) / Microorganismos de montaña (Líquido)	360 mL
<i>Monstera deliciosa</i> fruits / Frutos de piñanona (<i>Monstera deliciosa</i>)	480 g
Aloe vera leaves / Hojas de sábila (<i>Aloe vera</i>)	240 g
Agricultural lime / Cal agrícola	240 g
Wood ash / Ceniza de madera	120 g
Molasses / Melaza	750 mL
Leonardite / Leonardita	240 g
Eggshell / Cascaron de huevo	120 g
Water / Agua	12 L

cap. Two controls were used, one with the sample and the other with 0.1 % HCl. A total of 50 ml of the 1 M HCl solution was added. Two controls were used, the first one with 50 ml of HCl with 2 ml of the biopreparation and the other one with a 50 ml solution of 0.1 % HCl. The next day, the lid of each container was adjusted and with the help of magnetic stirrers was kept in motion for 2 h. Subsequently, 1 ml of HCl + hydrolates was pipetted and placed in a 100 ml Erlenmeyer Flask, and then 25 ml of water was added using a measuring cylinder. Three drops of phenolphthalein were added and titrated with 0.1 M NaOH. The volume spent was read. The same procedure was repeated for the control solution.

The reagent HCl 0.1 N was used to make the hydrochloric acid solutions. We added 4.25 ml of concentrated hydrochloric acid in a 50 ml volumetric flask, containing 15 ml of distilled water, and then it was calibrated to the 50 ml mark with distilled water.

The preparation of the hydrolate was carried out according to NOM-003-STPS-2017, where the process was performed at two different times. For pH leveling, three processes were carried out with the following components: agricultural lime as a control (process one, using Efectidol dolomite lime), potassium hydroxide (process two, 1.0 M concentration) and sodium bicarbonate (process three), all for agricultural use and local access. For each process, a portion of the hydrolate preparations was taken and the amendments were added directly to neutralize the original pH values.

Results and Discussion

pH leveling

The first pH leveling process was carried out with agricultural lime dissolved in one liter of hydrolat, which did not give a favorable result, as shown in Table 3,

Estos análisis y estudios indican la cantidad de potasio, nitrato, sodio, carbonatos, calcio y pH. Los análisis fisicoquímicos se realizaron en el equipo laquatwin (HORIBA scientific, México).

Para la determinación de carbonatos se empleó un método en el cual se trata la muestra con una disolución de HCl para neutralizarlo. El ácido en exceso que no es utilizado en la reacción se titula con una solución de NaOH (concentración 1.0 M). Los resultados del análisis incluyeron la disolución de calcita CaCO_3 .

Para la determinación de carbonatos se agregaron 2 ml de hidrolato y se colocó en un recipiente de cristal con tapa de rosca. Se utilizaron dos testigos, uno con la muestra y el otro con HCl al 0.1 %. Se agregó 50 ml de la solución de HCl al 1 M. Se utilizaron dos testigos, al primero se le agregó 50 ml de HCl con 2 ml del biopreparado y en el otro, una solución de 50 ml de HCl al 0.1 %. Al día siguiente, se ajustó la tapa de cada envase y con ayuda de agitadores magnéticos se mantuvo en movimiento durante 2 h. Posteriormente se pipeteó 1 ml de HCl + hidrolatos y se colocó en un Matraz Erlenmeyer de 100 ml, y después se le agregaron 25 ml de agua con ayuda de una probeta. Se añadieron tres gotas de fenolftaleína y se tituló con NaOH al 0.1 M. Se leyó el volumen de lo gastado. Se repitió el mismo procedimiento para la solución del testigo.

Para realizar las soluciones de ácido clorhídrico se utilizó un reactivo HCl al 0.1 N. Se agregó 4.25 ml de ácido clorhídrico concentrado en un matraz volumétrico de 50 ml, conteniendo 15 ml de agua destilada, enseguida se aforó a la marca de 50 ml con agua destilada.

La elaboración del hidrolato se realizó siguiendo lo establecido por la NOM-003-STPS-2017, en donde se trabajó en dos momentos diferentes. Para la nivelación de pH se llevaron a cabo tres procesos con los siguientes

after 100 g the pH level was not increased, remaining with a value of six.

The second process was with potassium hydroxide at 0.1M. Only 4 ml were used per liter. As a result, the hydrolyzate changed from dark brown to light brown. Aggregation was suspended at a pH of 6.1, indicating acid pH (Table 4)

For the third process, favorable results were obtained. After adding 32 g of sodium bicarbonate, the pH of the hydrolate was leveled, resulting in 7.04 (Table 5), which was neutral, i.e., neutral conditions were reached as established in NOM-021-RECNAT-2000.

It was found that the qualitative physical characteristics of hydrolates were dark brown color, liquid consistency, low viscosity (higher than water and lower

tes componentes: cal agrícola como testigo (proceso uno, se utilizó cal dolomita de la marca Efectidol), hidróxido de potasio (proceso dos, concentración 1.0 M) y bicarbonato de sodio (proceso tres), todos de uso agrícola y de acceso local. Para cada proceso, se tomó una porción de las preparaciones del hidrolato y se agregaron las enmiendas directo con el fin de neutralizar los valores originales de pH.

Resultados y discusión

Nivelación de pH

El primer proceso de nivelación de pH se realizó con cal agrícola disuelta en un litro de hidrolato, de lo cual no se obtuvo un resultado favorable, como se muestra en el Cuadro 3, después de 100 g no se logró incrementar el nivel del pH, quedando con un valor de seis.

Table 3. Result of pH leveling after adding agricultural lime to a sample of hydrolate.

Cuadro 3. Resultado de la nivelación de pH tras agregar cal agrícola a una muestra de hidrolato.

Agricultural lime (g) / Cal agrícola (g)	Liters to dissolve / Litros para disolverlo	Final pH / pH final
10	1	5
20	1	5.9
30	1	5.9
40	1	6
50	1	6
80	1	6
100	1	6

Table 4. Result of pH leveling after adding potassium hydroxide to a sample of hydrolate.

Cuadro 4. Resultado de la nivelación de pH tras agregar hidróxido de potasio a una muestra de hidrolato.

Solution milliliters / Mililitros de solución	Liters of solution / Litros de solución	Final pH / pH final
1 ml	1	6
2 ml	1	6
3 ml	1	6
4 ml	1	6.1

Table 5. Result of pH leveling after adding sodium bicarbonate to a sample of hydrolate.

Cuadro 5. Resultado de la nivelación de pH tras agregar bicarbonato de sodio a una muestra de hidrolato.

Sodium bicarbonate (g) / Bicarbonato de sodio (g)	Liters of solution / Litros de solución	Final pH / pH final
2	1	5.9
20	1	6.9
10	1	7.04

than molasses), absence of foam, and pH of 7.04. These characteristics meet the requirements for its use in agricultural production, color that allows visualization of the mixture and low viscosity to facilitate dilution in water; in addition, the pH is in the neutral range as established by NOM-021-RECNAT-2000. The characteristics of the second preparation were similar to the first, except for the pH value which was 5.9. These results are similar to those reported by Alejandro Góngora (2012), who reported a slightly acid pH for two organic fertilizers made in an artisanal manner.

The preparations had an electrical conductivity ranging from 0.67 to 1.57 dS·m⁻¹, pH from 5.9 to 7.04, and potassium concentration between 54 to 1000 ppm, nitrates between 37 to 2100 ppm, sodium from 37 to 2100 ppm, and calcium carbonate from 22.5 to 12.5 %. These levels are in the null and very slightly saline categories for electrical conductivity, slightly acidic and neutral for pH, medium and high for calcium carbonate concentrations, levels compared with those established in NOM-021-RECNAT-2000. The results obtained in the first preparation showed smaller values than in the second preparation for the six chemical characteristics evaluated in the hydrolates (Table 6).

It was detected that the first preparation showed a pH of 5.9, K⁺, NO₃⁻ and Na⁺ values of 54 940, 37 ppm and a conductivity of 0.67 dS·m⁻¹ (Table 6), these values are similar to the results of Granada and Prada (2015), who characterized organic waste leachate (grassland, vegetable waste, effective microorganisms, molasses, phosphate rock, egg, bovine manure, among others) without providing any amendment. For each of the chemical characteristics evaluated, the electrical

El segundo proceso fue con hidróxido de potasio al 0.1.M Para esto solo se utilizaron 4 ml para un litro, con ello el hidrolato cambio de color café oscuro a café claro, se suspendió la agregación en pH de 6.1, es decir, pH ácido (Cuadro 4).

Para el tercer proceso se obtuvieron resultados favorables. Tras agregar 32 g de bicarbonato de sodio se niveló el pH del hidrolato, teniendo como resultado 7.04 (Cuadro 5) que fue neutro, es decir, se alcanzaron las condiciones de neutralidad según lo establecido en la NOM-021-RECNAT-2000.

Se encontró que las características físicas cualitativas del hidrolato fueron: color café oscuro, consistencia líquida, de poca viscosidad (mayor que el agua y menor que la melaza), ausencia de espuma, y pH de 7.04. Estas características cumplen con lo requerido para su uso en la producción agrícola, color que permita visualizar la mezcla y viscosidad baja para facilitar la dilución en agua, además el pH está en el rango neutro según lo establecido por la NOM-021-RECNAT-2000. Las características del segundo preparado fueron similares al primero, excepto el valor de pH el cual fue de 5.9. Estos resultados son similares a los reportados por Alejandro Góngora (2012), quien reportó pH ligeramente ácido para dos abonos orgánicos realizados de forma artesanal.

Las preparaciones presentaron una conductividad eléctrica que fluctuó de 0.67 a 1.57 dS·m⁻¹, pH de 5.9 a 7.04, y una concentración de potasio entre 54 a 1000 ppm, nitratos entre 37 a 2100 ppm, de sodio de 37 a 2100 ppm, y de carbonato de calcio de 22.5 a 12.5 %. Estos niveles se presentan en categoría nula y

Table 6. Values after physicochemical characterization of both hydrolate preparations.
Cuadro 6. Valores obtenidos tras la caracterización fisicoquímica de ambas preparaciones del hidrolato.

Characteristics / Característica	Unit / Unidad	Results / Resultados		Device / Medidor
		First preparation / Primera preparación	Second preparation / Segunda preparación	
Conductivity / Conductividad	dS· m ⁻¹	0.67	1.57	Laquatwin
pH	Base/acid / Base/ácido	5.9	7.04	potentiometer / potenciómetro
K ⁺	ppm	54ppm	1000 ppm	Laquatwin
NO ₃	ppm	940	1200	Laquatwin
Na ⁺	ppm	37	2100	Laquatwin
CaCO ₃	%	22.50	12.5	Laquatwin

conductivity expresses the capacity for transmission of electrical current in the water and is related to the concentration of dissolved salts (Table 6). The values of electrical conductivity (EC), according to Cremona and Enriquez (2020), are within the permissible range for soils (<1.0: negligible salinity effects; 1.1 - 2.0 Very slightly saline), however, EC adjustment tests should be performed at the time of application to the soil. The second hydrolate preparation showed a pH of 7.04, followed by K^+ , NO_3^- and Na^+ values of 1000, 1200 and 2100 ppm, respectively, which show ideal solution characteristics (Table 6). When crops are under optimal conditions, almost 70 % of the cations and anions absorbed by plants are represented by NH_4^+ and NO_3^- (Osaki et al., 1995). Because of this absorption rate, N is also the nutrient that is most deficient for most crops when adequate nutrition conditions are not provided to the crop (Black, 1986). This situation highlights the importance of having N in NO_3^- form present in the biofertilizer analyzed in order to have the element easily absorbed by the plant and thus reduce the probability of presenting a deficiency of this element.

Conclusions

The elaboration and physicochemical characterization of the hydrolate allowed the following physical characteristics to be determined: dark brown color, liquid and slightly viscous consistency, absence of foam, and optimum pH of 7.04.

The chemical characteristics were conductivity of $1.57 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, base pH of 7.04, K^+ of 1000 ppm, NO_3^- of 1200 ppm, Na^+ of 2100 ppm and a percentage of 12.5 % of calcium carbonates.

The values identified agree with NOM-021-REC-NAT-2000 for K^+ , $CaCO_3$ and pH respectively.

The physicochemical characterization of this hydrolyzate biofertilizer allows having values to be considered in the formulation of nutritive solutions and promoting it as an alternative to conventional plant nutrition. However, the microbiological composition should be analyzed, as well as to conduct tests on different crops to correlate the positive effect of the hydrolyzate biofertilizer and its inoculation in the roots or its effect on other organs of the crops.

End of English version

muy ligeramente salino para conductividad eléctrica, ligeramente ácido y neutro para pH, nivel mediano y alto para concentraciones de carbonato de calcio, niveles comparados con lo establecido en la NOM-021-REC-NAT-2000. Los resultados obtenidos en la primera preparación mostraron valores más pequeños que en la segunda preparación en las seis características químicas evaluadas en los hidrolatos (Cuadro 6).

Se detectó que la primera preparación mostró un pH de 5.9, valores de K^+ , NO_3^- y Na^+ de 54 940, 37 ppm y una conductividad de $0.67 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (Cuadro 6), estos valores son similares a los resultados de Granada y Prada (2015), quienes caracterizaron lixiviado de residuos orgánicos (pastos, residuos de hortalizas, microorganismos efímeros, melaza, roca fosfórica, huevo, bovinaza, entre otros) sin aportar alguna enmienda. Para el caso de cada una de las características químicas evaluadas, la conductividad eléctrica expresa la capacidad de transmisión de la corriente eléctrica en el agua y está relacionada con la concentración de sales disueltas (Cuadro 6). Los valores obtenidos de conductividad eléctrica (CE), según Cremona y Enriquez (2020), están dentro del rango permisible para suelos (<1.0: efectos despreciables de salinidad; 1.1 - 2.0 Muy ligeramente salino), sin embargo, se deben realizar pruebas de ajuste de CE al momento de aplicarse al suelo. La segunda preparación de hidrolatos mostró un pH de 7.04, seguida de valores en K^+ , NO_3^- y Na^+ , de 1000, 1200 y 2100 ppm, respectivamente, los cuales muestran características idóneas en la solución (Cuadro 6). Cuando los cultivos se encuentran en condiciones óptimas, casi el 70 % de los cationes y aniones que absorben las plantas son representados por NH_4^+ y NO_3^- (Osaki et al., 1995). Debido a este porcentaje de absorción, el N es también, el nutrimento que se encuentra más deficiente para la mayoría de los cultivos cuando no se le brindan condiciones de nutrición adecuada al cultivo (Black, 1986). Esta situación resalta la importancia de que el N en forma NO_3^- esté presente en el biofertilizante analizado con el fin de tener el elemento con facilidad de absorción por la planta y con ello, reducir la probabilidad de presentar deficiencia de este elemento.

Conclusiones

La elaboración y caracterización fisicoquímica del hidrolato permitió determinar las siguientes características físicas: color café oscuro, consistencia líquida y poco viscosa, ausencia de espuma, y pH óptimo de 7.04

Las características químicas fueron: conductividad de $1.57 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, pH base de 7.04, K^+ de 1000 ppm, NO_3^- de 1200 ppm, Na^+ de 2100 ppm y un porcentaje de 12.5 % de carbonatos de calcio.

References / Referencias

- Abascal Ponciano, G. A. (2018). *Efecto de los ácidos carboxílicos como acondicionador de suelo Promesol® 5X y bioestimulante radicular Nutrisorb® L y micorriza Mycoral R en el suelo y la variedad de frijol Amadeus 77*. [Tesis de licenciatura, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. <https://bdigital.zamorano.edu/items/ed0774b7-d7e2-40b7-b0e4-fabd2127b1bf>
- Aguilar González, X., Ronquillo Cedillo, I., Ávila-Nájera, D. M., Rodríguez-Hernández, C., Pedraza Mandujano, J., & Martínez Jiménez, D. L. (2021). Riesgos a la salud por el uso de herbicidas. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 10(1), 23-33.
- Ahmad, I., Usman Saquib, R., Qasim, M., Saleem, M., Sattar Khan, A., & Yaseen, M. (2013). Humic acid and cultivar effects on growth, yield, vase life, and corm characteristics of gladiolus. *Revista Chilena de Investigaciones Agrarias*, 73 (4), 339-344.
- Albiach, R., Canet, R., Pomaresa, F., & Ingelmo, F. (2001). Organic matter components, aggregate stability and biological activity in a horticultural soil fertilized with different rates of two sewage sludges during ten years. *Bioresource technology*, 77(2), 109-114.
- Alejandro Góngora, A. O. (2012). *Utilización de un biofertilizante líquido en maíz (Zea mays L) bajo condiciones del trópico húmedo* [Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados Campus Tabasco]. <http://193.122.196.39:8080/xmlui/handle/10521/758>.
- Arciniega, G. M. A., Peñuelas, C. L. I., & Cuadras, V. M. B. (2021). Manejo de envases vacíos de plaguicidas generados en actividades agrícolas en el norte de Sinaloa. *Sociedad, permacultura y agricultura sustentable. Hacia una educación y cultura ambiental*, 1(1), 176-187.
- Black, C. A. (1986). *Relaciones suelo-planta*. 2da. ed. Nueva York, USA: 405 p.
- Britannica, T. Editors of Encyclopedia (2023, September 20). Hydrolysis. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/hydrolysis>
- Campo Martínez, A. D. P., Acosta Sánchez, R. L., Morales Velasco, S. M., & Prado, F. A. (2014). Evaluación de microorganismos de montaña (mm) en la producción de acelga en la meseta de Popayán. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 79-87.
- Canseco Martínez, D. A., Villegas Aparicio, Y., Castañeda Hidalgo, E., Carrillo Rodríguez, J. C., Robles, C., & Santiago Martínez, G. M. (2020). Respuesta de *Coffea arabica* L. a la aplicación de abonos orgánicos y biofertilizantes. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(6), 1285-1298.
- Carreño Meléndez, F., Vásquez González, A. Y., y González, G. V. (2019). Problemas sociales y ambientales por el uso de agroquímicos en Tenancingo, México. *Tlatemoani: Revista académica de investigación*, 10(31), 1-25.
- Cremona, M. V., & Enríquez, A. S. (2020). *Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: El pH y la conductividad eléctrica*. EEA Bariloche.
- Los valores identificados concuerdan con la NOM-021-RECNAT-2000 para la K⁺, CaCO₃ y pH respectivamente.
- La caracterización fisicoquímica de este biofertilizante hidrolizado permite tener valores a considerar en la formulación de soluciones nutritivas y promoverlo como alternativa a la nutrición vegetal convencional. Sin embargo, se debe analizar la composición microbológica, así como realizar pruebas en diferentes cultivos para correlacionar el efecto positivo del biofertilizante hidrolizado y su inoculación en las raíces o efecto en otros órganos de los cultivos.

Fin de la versión en español

- Encina Oliva, K. M. (2017). *Escoria básica y carbonato de calcio en la recuperación de un suelo ácido de Tingo María, en maíz (Zea mays) PM 213 en invernadero*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2682/P36E55T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Flores, J., Caballero, C., & Moreira, M. A. (2008). Una interpretación aproximativa del concepto de Hidrólisis en estructuras peptídicas en un Curso de Bioquímica del IPC en el contexto de la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud. *Revista de investigación*, 32(64), 135-160.
- Granada Torres, C. A., & Prada Millán, Y. (2015). Caracterización del lixiviado agroecológico a partir de residuos orgánicos de cultivos. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(2), 169-182. <https://doi.org/10.22490/21456453.1414>
- Herrera Monroy, S., Herrera Monroy, M., & Rivera Ramírez, J. M. (2023). Systematic review on arbuscular mycorrhizal fungi and their ecological importance. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 3(2), 00-00. doi: <https://doi.org/10.5154/r.rchsagt.2022.03.07>
- Higa, T., & Parr, J. F. (2013). Microorganismos Benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenibles. *Maryland (USA): Centro internacional de Investigación de Agricultura Natural, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos*, 13(2), 128-135.
- Hoyos Cabrera, J. L. (2006). *Efecto de fertilización en drench en la productividad de rebrote en variedades de ají pimentón (Capsicum annuum L.) en la zona de Lamas*. [Tesis de ingeniería. Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/864>
- Kebrom, T., Woldesenbet, S., Bayabil, H., García, M., Gao, M., Ampim, P., Awal, R., & Fares, A. (2019). Evaluation of phytotoxicity of three organic amendments to collard greens using the seed germination bioassay. *Environmental Science and Pollution Research*. 26(6):5454-5462.
- Lazo Burgos, F. D. L. M. (2018). *Análisis comparativo de las características del proceso de pelado químico del tomate (Lycopersicon esculentum) utilizando hidróxido de sodio*

- e hidróxido de potasio con hidróxido de amonio, Piura 2015. [Tesis de ingeniería, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/86861>
- Luna, F. M. A., & Mesa, R., J. R. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas* [seriada en línea], 4(2), 31-40. Recuperado de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>
- Ohno, T. & Erich, MS (1990). Effect of wood ash application on soil pH and soil test nutrient levels. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 32 (3-4), 223-239. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(90\)90162-7](https://doi.org/10.1016/0167-8809(90)90162-7)
- Osaki, M., Shirai, J., Shinatom, T., & Tadano, T. 1995. Effects of ammonium and nitrate assimilation on the growth and tuber swelling of potato plants. *Soil Science and Plant Nutrition*. 41:709-719.
- Ramírez Marrache, K., Florida-Rofner, N., & Escobar-Mamani, F. (2019). Indicadores químicos y microbiológicos del suelo bajo aplicación de microorganismos eficientes en plantación de cacao (*Theobromacacao* L.). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 6(2), 21-28.
- Someshwar, A. V. (1996). Wood and combination wood-fired boiler ash characterization. *Journal of Environmental Quality*, 25(5), 962-972. <https://doi.org/10.2134/jeq1996.00472425002500050006>
- Torres, D., Mendoza, B., Marco, L. M., & Gómez, C. (2016). Riesgos de salinización y solidificación por el uso de abonos orgánicos en la depresión de Quíbor-Venezuela. *Multiciencias*. 16(2),133-142.
- Torres, P. J. C., Aguilar, J. C. E., Vázquez, S. H., Solís, L. M., Gómez, P. E., & Aguilar, J. J. R. (2022). Evaluación del uso de microorganismos de montaña activados en el cultivo de rosas, Zinacantán, Chiapas, México. *Siembra*, 9(1), e3500. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3500>
- Trujillo Rugamas, J. A., Murgas Peñate, L. A., Reyes Orellana, H. M., & Sandoval-Sandoval, O. A. (2022). Evaluación de productos biológicos, botánicos y químicos viñeta verde para el control de nematodos en cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*). *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 11(1), 95-117. <https://doi.org/10.5377/payds.v11i1.15221>
- Vega Oliva, C. (2017). *Problemas ambientales y de salud derivados del uso de fertilizantes nitrogenados*. [Tesis de Frado, Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense]. <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/CRISTINA%20VEGA%20OLIVA.pdf>