



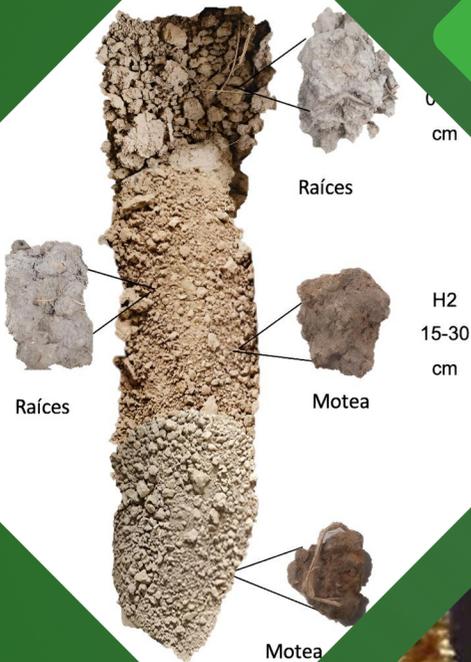
UJAT
UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE ”

JOBS

Journal of Basic Sciences

DACB • UJAT



Nos complace presentar el número 31 del Journal of Basic Sciences, con un conjunto de investigaciones sobre diversas problemáticas ambientales, geocientíficas y tecnológicas, presentes tanto en el estado de Tabasco como en otras regiones del país. A lo largo de las temáticas abordadas en este número, se reflejan los desafíos que generan las actividades humanas sobre el medio ambiente, así como la necesidad de generar soluciones sustentables a partir del conocimiento que se genera en las ciencias básicas y que es aplicado en el desarrollo de tecnologías. El enfoque multi e interdisciplinario característico de esta revista, se refleja al integrar elementos de la química, la física aplicada y las matemáticas, hacia áreas tan diversas como la geografía, la geología, las ciencias ambientales o la biotecnología; ofreciendo un panorama del estado actual de problemáticas específicas y proponiendo al mismo tiempo rutas de acción viables desde una perspectiva técnica, económica y ambiental.

En primer término, se presenta un estudio enfocado a las islas de calor urbano en Villahermosa, Tabasco, en donde a partir de un crecimiento urbano desordenado y la reducción de la cobertura vegetal se han intensificado significativamente las temperaturas locales. Esta situación pone de manifiesto la importancia de incorporar criterios de planificación ecológica en el desarrollo urbano. Por otro lado, se incluye también una evaluación geoquímica de sedimentos lacustres en regiones de San Luis Potosí y Zacatecas, con el objetivo de identificar la concentración y el comportamiento de elementos de tierras raras, con este estudio se aportan datos importantes que permiten entender la evolución geológica de los depósitos sedimentarios analizados, lo que lleva a valorar el potencial económico que representan.

De la misma forma, se presentan dos estudios vinculados a la problemática ambiental generada por la industria petrolera en el estado de Tabasco. Por un lado, se realizó una revisión sistemática de técnicas de remediación contaminados con hidrocarburos, con la finalidad de evaluar su aplicabilidad en función de factores tales como el tipo de suelo, el equipo requerido y la viabilidad. Por otro lado, se exponen los resultados de un estudio realizado en Nacajuca, Tabasco, cuya finalidad fue establecer las alteraciones en el suelo a causa de la contaminación por hidrocarburos, identificando efectos negativos en composición química, estructura y fertilidad.

Así mismo, se incluye una propuesta para aprovechar subproductos agroindustriales generados en Tabasco, implementándolos en procesos de biorremediación, con la finalidad de transformar residuos en insumos útiles para el desarrollo de prácticas sostenibles, con un enfoque de economía circular. Finalmente, se presenta una contribución encaminada a analizar un sistema de celda conectada a un convertidor, desde la perspectiva de la estabilidad energética. Mediante técnicas de control basadas en pasividad, se logra mejorar el rendimiento y comportamiento dinámico del sistema, encaminado a mejorar el desarrollo de tecnologías más limpias y eficientes.

En conjunto, las contribuciones incluidas en este número son una muestra de los distintos esfuerzos encaminados a enfrentar los retos ambientales y tecnológicos actuales, mediante el uso del conocimiento científico y la innovación aplicada, ampliando el entendimiento de fenómenos complejos e impulsando la búsqueda de soluciones prácticas y sostenibles

DIRECTORIO INSTITUCIONAL

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Lic. Guillermo Narváez Osorio.
Rector

Dr. Luis Manuel Hernández Govea.
Secretario de Servicios Académicos

Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez.
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Dr. Pablo Marín Olán. Director de Difusión,
Divulgación Científica y Tecnológica

Directorio Divisional División Académica de Ciencias Básicas

Dra. Hermicenda Pérez Vidal.
Directora

Dr. Luis Manuel Martínez González.
Coordinador de Investigación

M.C. Abel Cortazar May.
Coordinador de Docencia

L.Q. Esmeralda León Ramos.
Coordinador de Difusión Cultural y Extensión

CONSEJO EDITORIAL

- **Dr. Carlos Ernesto Lobato García.** Editor en Jefe. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0003-3734-7780>
- **Dr. Adib Abiu Silahua Pavón.** Gestor Editorial. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0001-5344-1430>

COMITÉ EDITORIAL

- **Mtra. Claudia Gisela Vázquez Cruz.** Editora Asociada. Actuaría. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0009-0002-1791-5621>
- **Mtra. María Hortensia Almaguer Cantú.** Editora Asociada. Ciencias de la Computación. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0009-0007-7839-9014>
- **Dr. José Arnold González Garrido.** Editor Asociado. Ciencias Farmacéuticas. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://orcid.org/0000-0003-1135-4050>
- **Dr. José Luis Benítez Benítez.** Editor Asociado. Física. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://orcid.org/0009-0000-0561-5029>
- **Mtro. Guillermo Chávez Hernández.** Editor Asociado. Geofísica. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0002-3555-9678>
- **Dra. Addy Margarita Bolívar Cimé.** Editora Asociada. Matemáticas. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0002-7342-0888>
- **Dra. Nancy Romero Ceronio.** Editora Asociada. Química. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0001-8169-3811>

JOURNAL OF BASIC SCIENCES, Vol. 11, Núm. 31, agosto de 2025, es una publicación continua cuatrimestral, editada por la División Académica de Ciencias Básicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad S/N, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, C.P. 86040, Villahermosa Tabasco, México. Tel. (+52) (933) 358 1500 Ext. 5040. <https://revistas.ujat.mx/index.php/jobs>. Editor Responsable de la Revista: Carlos Ernesto Lobato García. Reserva de derechos al uso exclusivo 04-2015-052110084000-203, ISSN: 2448-4997, ambos otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad S/N, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, Centro, Tabasco. C.P. 86040. Fecha de última actualización, 30 de enero de 2025.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación y de esta Casa Editora.

Las publicaciones respaldadas con el sello editorial de la UJAT no podrán utilizarse para entrenar modelos de IA generativa, a menos de que haya una declaración expresa, tanto de la Universidad como de los autores y/o herederos.

CONTENIDO

	Pág.
Islas de Calor Superficial Urbano en México: Caso de estudio, Villahermosa, Tabasco	1-8
Evaluación de Tierras Raras en sedimentos lacustres, Mesa Central Norte entre San Luis Potosí y Zacatecas, México	9-17
Factibilidad de los diversos tratamientos para derrames de hidrocarburos en suelos en el Estado de Tabasco	18-35
Análisis geoquímico de acumulación de hidrocarburos en suelos de Tucla, Nacajuca	36-51
Valor agregado a residuos agroindustriales como alternativa en la biorremediación de suelos	52-61
Efecto de un control basado en pasividad en un sistema celda-convertidor	62-75

Valor agregado a residuos agroindustriales como alternativa en la biorremediación de suelos

López-de Dios, C. del C.¹ , Morales- Bautista, C. M.¹ , Ojeda-Morales, M. E.² , Fuentes Domínguez, I.^{1*} , Torres-Sauret, Q.¹ 

¹División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Kilómetro 1, La Esmeralda, Cunduacán, Tabasco México, C.P 86690

²División Académica de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Kilómetro 1, La Esmeralda, Cunduacán, Tabasco México, C.P 86690

*fuentesdominguesirene@gmail.com.mx.

Resumen

Los residuos agroindustriales son subproductos generados por procesos agroindustriales y sino no son procesados adecuadamente representan problemas ambientales. Diversos investigadores buscan nuevas vertientes y estos coproductos tengan un valor agregado debido a que no existe una clara conciencia ambiental para su manejo y un destino final, así como una legislación específica. Por lo cual, este proyecto tiene como objetivo caracterizar cuatro residuos agroindustriales del estado de Tabasco: pez diablo (*Hypostomus plecostomus*), harina de plátano (*Musa paradisiaca* L) lactosuero, melaza, con la finalidad de ser implementados en área ambiental: suelos, bioaumentación a microorganismos, medios para producción de biotensoactivos y así potencializar su valor en prácticas sostenibles. Las caracterizaciones se basaron con métodos Oficial Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL (OMA) y Normas Oficiales Mexicanas (NOM-021-SERMANAT-2000, NOM 138-SEMARNAT/SS-2003 y NOM-147-SEMARNAT/SSA1 2007).

Palabras claves: *Hypostomus plecostomus*, *Musa paradisiaca* L, lactosuero, melaza, biorremediación.

Abstract

In Agroindustrial waste is byproducts generated by agroindustrial processes and if not processed properly, it represents environmental problems. Various researchers are looking for new avenues and these co-products have added value because there is no clear environmental awareness for their management and final destination, as well as specific legislation. Therefore, this project aims to characterize four agroindustrial wastes from the state of Tabasco: devil fish (*Hypostomus plecostomus*), banana flour (*Musa paradisiaca* L), whey, molasses, with the purpose of being implemented in the environmental area: soils, bioaugmentation to microorganisms, means for the production of biosurfactants and thus enhance their value in sustainable practices. The characterizations were based on Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL (OMA) and Official Mexican Standards (NOM-021-SERMANAT-2000, NOM 138-SEMARNAT/SS-2003 and NOM-147-SEMARNAT/SSA1 2007).

Keywords: *Hypostomus plecostomus*, *Musa paradisiaca* L, whey, molasses, bioremediation

Recibido: 19 de diciembre de 2024, Aceptado: 10 de junio de 2025, Publicado: 22 de agosto de 2025

1. Introducción

Los residuos son generados a partir de cualquier proceso productivo del sector agroindustrial, estos se encuentran en estado sólido o líquido [17] En la agroindustria se producen residuos específicos dependiendo de cada subsector, los cuales cuentan con propiedades que los hacen viables para ser empleados en otros procesos o bien participar en el tratamiento de ambientes contaminados [16]. En México, la generación de estos subproductos agroindustriales es significativa debido a la diversidad y magnitud de las actividades agroindustriales en el país, se estima que anualmente desperdician más de 20 millones de toneladas de alimentos, parte de los cuales son subproductos agroindustriales que podrían ser aprovechados [10]. Este aprovechamiento está alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular con el ODS 2, que busca poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria, mejorar la nutrición y promover la agricultura sostenible mediante el uso eficiente de los recursos y la reducción de desperdicios agroalimentarios. El ODS 3, por su parte, persigue garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades, lo que se vincula con la generación de productos derivados de subproductos agroindustriales que pueden fortalecer la seguridad alimentaria y la nutrición, contribuyendo a la mejora de la salud pública. Además, el ODS 13 insta a adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, promoviendo acciones como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante la valorización de residuos y la aplicación de economía circular. La valorización de estos subproductos contribuye a la reducción del desperdicio alimentario, el fortalecimiento de sistemas productivos sostenibles y la mitigación del impacto ambiental.

Una especie que no es nativa de México es *Hypostomus plecostomus*, que se conoce de manera común como pez diablo, pez limpia vidrios o pez limpia peceras. Es un bagre blindado del orden de los Siluroformes y familia Loricariidae. Esta especie es originaria de América del Sur y en México los primeros registros de esta especie son del año 1995 en el río Mezcala, ubicado dentro de la cuenca del río Balsas del Estado de Guerrero ha generado mucha preocupación. La expansión de este pez ha generado preocupación ya que sus adaptaciones biológicas lo hacen un superdepredador al punto que se ha convertido en una plaga, en diversos estados como San Luis Potosí, Coahuila, Tamaulipas, Tabasco, Veracruz, Chiapas, especialmente en el Parque Nacional del Cañón del Sumidero. Se caracteriza por tener un sistema de defensa muy eficiente, cuenta con una coraza erígida formada por espinas y placas que dificultan de manera considerable los ataques por parte de sus depredadores. Esta especie de igual forma puede sobrevivir 30 h fuera del agua, y su dieta se basa en detritus, fragmentos de plantas, diatomeas, algas filamentosas, cianobacterias, pequeños organismos de zoobentos y huevos de especies nativas. Un aspecto positivo es que, su carne es nutritiva con un alto porcentaje de contenido proteico y bajo índice de grasa. La harina proveniente de esta especie cuenta con un perfil nutricional y aplicaciones interesante. Es un producto rico en proteínas con un contenido que puede llegar al 47.9% y un nivel significativo de cenizas de 34.7%, lo que contribuye a su uso como fertilizante orgánico. Además, contiene aproximadamente un 7.74% de nitrógeno y un 4.65% de fósforo lo que refuerza su valor como insumo agrícola [11]. Ello los ha colocado como alternativa para diversas aplicaciones como: en la alimentación, aunque es imposible que esta ventaja compense la amenaza que ejercen sobre las demás especies o como alimento para alimentos de ganado, peces o bioaumentación en el área de biorremediación [18]

Harina de plátano: Esta harina tiene su origen en el aprovechamiento del plátano verde, que no es apto para el mercado convencional, transformándolo en un producto de larga duración y alta versatilidad, en México el desarrollo de este producto ha sido impulsado para reducir el desperdicio de este plátano, mejorar los ingresos de los productores locales y diversificar el mercado [12]. Es fuente de antioxidantes y fibra y al carecer de gluten puede emplearse para productos dirigido a a personas con enfermedad celíaca.

La demanda de más y mejores productos de origen natural ha llevado a utilizar residuos, subproductos y descartes de los diferentes sectores tanto agrícolas como agroindustriales. Siendo una alternativa viable su transformación en harinas y poder ayudar a el suelo a obtener los nutrientes necesarios para poder darle vida a las plantas [5].

Lactosuero: Es un líquido resultante de la obtención de queso y contiene los componentes que no se incorporan cuando la caseína se coagula, a pesar de contar con un contenido nutricional elevado, solo un pequeño porcentaje se usa para alimentos para animales de granja y el restante desechado y esto causa problemas de contaminación en ríos y suelos [4]. Este es un subproducto de la industria quesera tiene su origen en el proceso de coagulación de la leche durante la elaboración del queso. Este líquido contiene nutrientes importantes como son proteínas, lactosa, minerales, y vitaminas. Su composición puede variar según el tipo de queso producido y el proceso de fabricación. Por ejemplo, el lactosuero dulce tiene un pH más alto en comparación con el lactosuero ácido [6]. En el caso del estado de Tabasco el lactosuero se genera principalmente en queserías artesanales y semi industriales, donde predomina la producción de queso fresco y cocido y aunque no hay cifras exactas y actualizadas de cantidad de lactosuero generado específicamente en Tabasco, México produce alrededor de 2 millones de toneladas de al año y estados como Tabasco, con una significativa actividad quesera, contribuyen con una parte considerable de este total [7].

La melaza: Es el residuo de cristalización final del azúcar, donde ya no se puede obtener más azúcar por métodos físicos. es utilizada para alimento para ganado bovino. Debido a su alta concentración de azúcares, la melaza representa una fuente de energía que la hacen apta para elaborar los piensos utilizados en su alimentación. Existen diferentes usos de la melaza cabe mencionar algunos para complemento alimentación en bovinos para la salud ya que tiene alto contenido en nutrientes así mismo uso para poder ayudar al suelo a obtener nutrientes que le ayudaran a beneficiar y aprovechar dichos nutrientes [8]. En México la producción de la melaza ha oscilado entre 1.4 y 2.3 millones de toneladas anuales en los últimos años con variaciones según la cosecha de caña de azúcar, México es un exportador neto de melaza, siendo principalmente utilizada en la industria alimentaria para ganado y fermentación industrial [13].

2. Metodología Experimental

2.1 Obtención de la materia prima

El muestro consistió la recolecta de los cuatros residuos agroindustriales en el estado de Tabasco: suero de leche proveniente del municipio de Huimanguillo 17° 83' 28" N - 93° 39' 40" W, melaza del Ingenio Santa Rosalía 18° 05' 21" N - 92° 21' 23" W, residuos de plátano 17° 59' 1" N - 93° 15' 31" W y por último el pez diablo (*Hypostomus plecostomus sp*) Simón Sarlat del municipio Centla 18° 34' 40" N - 92° 80' 83" W, fueron trasladada y procesados en el laboratorio.

2.2 Almacenamiento y elaboración de los residuos sólidos (pez diablo y plátano)

La manufactura para ambos residuos sólidos se realizó bajo la metodología adecuada a partir de un estudio previo (Fuentes-Domínguez *et al.*, 2024), para su conservación se realizó por liofilización FREEZE DRYER, SCIENTZ-10N, al suero de leche, se concentró igloo termo con capacidad 2 gal para su conservación y se guardó en recipientes de plásticos estériles refrigeró (4-5 °C)

y por último la melaza fue almacenada almacenada en frascos de vidrio ámbar, de taparosca y refrigerados (4-5°C). para su procesamiento, su conservación en refrigeración 3°C. NOM-SERMARNAT 2001,

2.3 Conservación de la muestra problema

Para las harinas se procedió a liofilización, siguiendo la metodología siguiente: se colocaron frasco de vidrios a esterilizar en base húmeda a 15 psig durante 15-18 min, posteriormente las harinas fueron depositadas en condiciones axénicas y llevada al liofilizador maneja temperatura y finalmente fueron colocadas en bolsas PET selladas a vacío para su posterior análisis. En el caso del lactosuero fue sometido a congelación y la melaza fue colocado en refrigeración bajo 3°C. para su posterior análisis procesarla en mes.

Se aplicaron diversos métodos para la caracterización de los residuos agroindustriales sólidos (harinas), semisólido (melaza) y líquido (suero de leche) con base a la Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL (OMA) y Normas Oficiales Mexicanas (NOM-021-SERMANAT-2000, NOM 138-SEMARNAT/SS-2003, NOM-155-SCFI-2012 y NOM-147-SEMARNAT/SSA1 2007).

2.4 Potencial de hidrógeno (pH)

Se utilizaron vasos precipitado con capacidad nominal de 100 mL por triplicado, se pesó 5 g de harinas de plátano y pez diablo y se adiciono 25 mL de agua destilada. Con ayuda de una varilla de vidrio, la mezcla se agito manualmente a intervalos de 5 min, durante 30 min, dejando reposar por 15 min, y finalmente se registra lectura. Para el suero leche medio directa y finalmente la melaza se utilizó la relación 1:2 se registran lecturas.

2.5 Conductividad eléctrica (CE)

Se realizó por el método de saturación 24 h: consistió en utilizar las muestras procesadas para el pH, posteriormente las muestras se filtraron y se registra lectura del extracto por triplicados.

2.6 Densidad aparente

Para muestras sólida se determinó por método del cilindro: consistió en colocar el cilindro limpio y vacío en balanza semianalítica VELAB-300 y se registra, posteriormente se ingresa la harina completamente seca dando ligeros golpes sobre la mesa para eliminar posible aire atrapados y finalmente el cilindro se relleno completamente con la harina, y el excedente fue retirando con una superficie plana. El cilindro con la muestra fue pesado, este procedimiento se aplicó por triplicado para cada harina.

Para los muestras líquida y semisólida fue utilizada método del micropicnómetro elaboración propia, el cual fue lavado y secado completamente, posteriormente, se pesó del picnómetro vacío, cabe mencionar que la manipulación de éste es utilizando pinzas evitando el contacto directo con las manos, después se llenó con agua destilada y se pesó nuevamente. Finalmente se retiró el agua, y completamente seco los micropicnómetro, se deposita la muestra y se registra el peso. Aplicando este procedimiento por triplicado para cada muestra.

2.7 Cálculos para determinar las densidades de sólido y líquidos

Para calcular la densidad aparente de las harinas se realizaron los siguientes cálculos la fórmula 1, Considerando que la densidad viene expresada mediante la siguiente expresión: $\rho = mv$; La masa de la

ecuación puede ser expresada mediante la diferencia de A y B. y el volumen fue determinado mediante la expresión del cuerpo geométrico de un cilindro circular. $m=B-A$; $v=\pi r^2 \cdot h$, por lo tanto

$$\rho = mv = B - A \pi r^2 \cdot h. \quad (1)$$

donde: ρ : densidad, m: masa, v: volumen, A: masa del cilindro vacío, B: masa del cilindro con la harina
Por otra parte, para las muestras líquida y semisólida se usó el método del picnómetro y utilizando la ecuación 2:

$$\rho_{\text{líquido}} = \frac{(W_{\text{Piclíquido}}) - (W_{\text{Picvacío}})}{W_{\text{Pic} + \text{H}_2\text{O}} - W_{\text{Picvacío}}} X \rho_{\text{H}_2\text{O}} \dots \quad (2)$$

Dónde:

$W_{\text{Piclíquido}}$ = peso de picnómetro con líquido

$W_{\text{Picvacío}}$ = peso del picnómetro vacío

$W_{\text{Pic} + \text{H}_2\text{O}}$ = peso del picnómetro + agua

2.8 Cenizas

Se determinó por método de calcinación, consistió en lavar muy bien los crisoles y se llevaron a peso constante 105°C, posteriormente se agregó 5 g de muestra se puso directo a una parrilla para iniciar una combustión de la materia orgánica. Una vez reducido el volumen se lleva a la mufla a 525°C por 5 horas hasta la obtención de cenizas completamente blancas, aplicando la ecuación 3:

$$\% \text{Cenizas} = + \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} X 100 \quad (3)$$

Donde:

%Cenizas: porcentaje de cenizas

P_0 : Peso del crisol vacío

P_1 : Peso del crisol con muestra

P_2 : Peso del crisol con cenizas

3. Resultados

En la tabla 1 se observan los resultados de métodos realizados a cada una de las muestras de residuos agroindustriales (RA).

Tabla 1. Resultados descriptivos en función los métodos aplicados a los residuos agroindustriales

Residuos agroindustriales	pH	CE (mS/cm)	Densidad (g/cm ³)	Ceniza (%)
Melaza	5.5±0.057	0.6433 ± 0.74	1.316 ± 0.013	12.075 ± 0.304
Harina pez diablo	6.53± 0.057	7.66 ± 0.09	0.520 ± 0.004	36.650 ± 0.101
Harina plátano	7.1 ± 0.057	5.79 ± 0.583	0.517 ± 0.007	12.870.022
Suero de leche	4.26 ± 0.057	3.94 ± 0.05	1.062 ± 0.003	0.865 ± 0.017

En la tabla se observa intervalos de pH desde mínimo de 4 a máximo de 7, conductividad eléctrica de 0.664 hasta 7.66 dsm/cm, densidad aparente la mínima 0.517 y la máxima 1.316 g/cm³ y finalmente el porcentaje de cenizas rangos desde 0.865 hasta 36.650.

4. Discusión

Para el pH es la base principal para que desarrollen cualquier organismo vivo su la composición química varía de acuerdo el proceso industrial que se hayan sometidos las materias primas, para el caso se de la melaza por ser medios ricos en carbohidratos y azúcares tiende a tener pH neutro o ácidos, suero de leche es rico en proteínas y aminoácidos son más ácidos debido a su descomposición lo cual desencadena 0 generan ácidos acéticos, láctico entre otro que pueden contribuir a esos pH. El biofertilizante elaborado a partir de residuos de pescado obtuvo resultados de pH ligeramente ácido- neutros pueden variaron de 5 a 7. Un trabajo realizado en Perú menciona que el biol elaborado a partir de residuos de pescado tiene un pH de 5,86, lo que lo hace ligeramente ácido. Este pH favorece la disponibilidad de nutrientes esenciales para cultivos, facilitando la actividad microbiana y la solubilidad de los nutrientes en el suelo [19]. El pH tiene una máxima disponibilidad de nutrientes en ese rango de 5,9 a 5,64 para así lograr el crecimiento de las plantas. Así mismo Flores et al., 2020 menciona que al agregar melaza al biofertilizante, este sirvió como fuente de carbono y energía, facilitando el crecimiento y desarrollo de bacterias lácticas, lo que provocó una disminución del pH hasta el punto en que el ácido láctico producido impida el crecimiento de las propias bacterias lácticas.

Conductividad (CE) tiene más presencias de cationes por la liberación de minerales presentes en las harinas que con respecto a los líquidos ya que son principalmente carbohidratos proteínas y suero es la proteína lactosa ya que el suero es fuente de proteína, vitaminas, minerales particularmente calcio como también aporta un interesante aporte de carbohidratos y grasa pero en poca porción por eso las harinas son más ricas en macro y micro nutrientes pero el resultado depende del proceso de extracción, del sitio y tiempo de extracción. Dentro de este mismo contexto (CE) para los residuos agroindustriales como suero de leche, harina de pescado, plátano y melaza pueden variar dependiendo de las características específicas del residuo (contenido de nutrientes, ácidos y sales) y el proceso que hayan realizado.

Suero de Leche su rango generalmente se encuentra entre 3 y 10 mS/cm. Este valor depende de la concentración de sales y componentes minerales como el sodio, el potasio y el calcio, los cuales son abundantes en suero debido a la presencia de lactosa y otros nutrientes. No obstante, no hay norma específica para la conductividad del suero de leche. Sin embargo, para aguas residuales, la Norma Mexicana NMX-AA-125-SCFI-2003 y las normas de la EPA (Environmental Protection Agency) en EE. UU. pueden proporcionar valores de referencia para la conductividad en aguas residuales, y estos valores se podrían adaptar en ciertos contextos de biorremediación. Harina de Pescado la CE depende principalmente de su contenido de proteínas, sales y aceites. Estas pueden estar en el rango de 5 a 12 mS/cm, dependiendo de la disolución de los nutrientes y sales. Si la harina se disuelve en agua o se procesa en una suspensión acuosa, la conductividad tiende a aumentar. Harina de Plátano, siendo un residuo menos salino, tiende a tener un rango de conductividad menor en comparación con productos como la harina de pescado o melaza. Los valores típicos pueden estar en el rango de 1 a 5 mS/cm, ya que su contenido en sales es relativamente bajo. Aunque no hay una norma específica para la conductividad de la harina de plátano, el tratamiento de aguas residuales de este tipo podría regirse por las normas ambientales nacionales que regulan la conductividad de los efluentes industriales. Dependiendo de la legislación, como la NMX-AA-125-SCFI-2003 (en México), los valores de conductividad deben ser monitoreados en el contexto de la remoción de sólidos disueltos o la carga orgánica. Y por último la Melaza al ser un subproducto de la producción de azúcar, que

contiene altos niveles de sales minerales, por lo que suele tener una conductividad más alta que otros residuos. Los rangos de la melaza disuelta en agua son entre 15 y 30 mS/cm. Este valor puede variar según la concentración de sales y la dilución de la melaza y son regulados por normas ambientales para el tratamiento de aguas residuales industriales, como las normas de la EPA o las NMX-AA-125-SCFI-2003 en México. La melaza, debido a su alto contenido salino, podría ser monitoreada en el contexto de la carga orgánica o la remoción de sólidos disueltos. La melaza se obtiene de la molienda de la caña de azúcar *Saccharum officinarum* L. (1753), una fuente rica en K, P, Mg, B, Zn, Mn, Fe, Cu, Ca y Cl. Es la principal fuente de energía para la fermentación de los abonos orgánicos además favorece la multiplicación de los microorganismos

Las cenizas de pescado están compuestas por sales minerales y arena y representan la fracción inorgánica de la harina. La arena presente se localiza en el intestino de los peces y es resultado de la movilización de la pesca de agua en zonas costeras, por otro lado, las sales minerales se originan mayoritariamente a la fracción ósea de la materia prima. La cantidad de cenizas en la harina varía dependiendo de proporción muscular-ósea de la materia prima. Por ejemplos, las especies con bajo contenido graso, generan harinas de mayor contenido de cenizas, lo cual explica el menor contenido proteico en las harinas obtenidas de esa especie [10].

Las harinas de pescado blanco como melaza suelen contener un 20% de cenizas mientras que los pescados grasos como anchoveta y arenque suelen contener un 15% y 10% respectivamente. Se reporta que el porcentaje de cenizas es alto en el caso de la harina de pescado, esto se debe por que el esqueleto está formado mayoritariamente de carbono y fosfato de calcio y esto hace que el nivel de cenizas sea alto. En el caso de la harina de plátano las cenizas las constituyen las sales minerales, como el potasio, sodio, calcio y magnesio. Las harinas de mayor extracción contienen un porcentaje más alto de cenizas el nivel de cenizas de la harina de plátano, en el caso de la melaza el porcentaje es menor pero el que nos dio menos fue el suero de leche ya que el nivel de calcio, fósforo, sodio en menor proporción

Las densidades de los residuos agroindustriales como el suero de leche, melaza, harina de pescado y plátano son parámetros importantes a tener en cuenta cuando se busca utilizar estos residuos en procesos de biorremediación. La densidad influye en varios aspectos del proceso, como la distribución de nutrientes, la movilidad de los microorganismos, y la eficiencia de la degradación. A continuación, se describen las densidades aproximadas de estos residuos y cómo pueden aportar a los procesos de biorremediación:

Suero de Leche la densidad del suero de leche es de ≈ 1.03 a 1.04 g/cm^3 . La densidad influye en la capacidad de los microorganismos para adaptarse y metabolizar la lactosa. Un suero con mayor densidad (más concentrado) puede ser más adecuado para microorganismos especializados en la descomposición de azúcares, además, la viscosidad relacionada con la densidad puede afectar la difusión de los nutrientes y la eficiencia de la biorremediación, por lo que es importante controlar la dilución para facilitar la acción microbiana.

Melaza ≈ 1.3 a 1.4 g/cm^3 , dependiendo de su concentración y contenido de este subproducto, rica en azúcares, minerales y ácidos orgánicos. Debido a su alta densidad, la melaza tiene un contenido elevado de nutrientes que pueden ser aprovechados por microorganismos para la biodegradación. El proceso de biorremediación utilizando melaza puede favorecer a microorganismos que consumen estos azúcares, mientras que la densidad alta puede facilitar la liberación de nutrientes en soluciones más concentradas, lo que favorece la actividad microbiana. Sin embargo, su alta densidad también implica que, si no se diluye adecuadamente, podría generar un medio muy viscoso, lo que afectaría la movilidad y eficacia de los microorganismos.

Harina de Pescado ≈ 0.5 a 0.9 g/cm^3 dependiendo de su contenido de aceite, proteína es una fuente rica en proteínas, nitrógeno y fosfatos, nutrientes esenciales para los microorganismos que participan en la

biorremediación. La densidad más baja de la harina de pescado en comparación con otros residuos, como la melaza, significa que tiene una mayor disponibilidad de espacio entre las partículas. Esto favorece la acción de los microorganismos, ya que pueden penetrar más fácilmente en el material y utilizar los nutrientes presentes. Por ende, dado que tiene un contenido significativo de grasa, el proceso de biorremediación podría verse afectado si las condiciones de temperatura no son adecuadas, ya que la grasa podría volverse difícil de degradar para ciertos microorganismos.

Harina de Plátano ≈ 0.6 a 0.7 g/cm³ su aporte en la biorremediación la harina de plátano, aunque tiene una densidad baja, es rica en carbohidratos complejos y fibra vegetal, lo que puede ser utilizado por algunos tipos de microorganismos como fuente de carbono. Su densidad relativamente baja puede permitir que los microorganismos se distribuyan más fácilmente en el medio de tratamiento, lo que es beneficioso para procesos. A pesar de ser rica en nutrientes, la harina de plátano tiene un bajo contenido de minerales y proteínas en comparación con otros residuos agroindustriales como la melaza o la harina de pescado, lo que podría limitar su capacidad para sustentar ciertos tipos de microorganismos en la biorremediación. Sin embargo, en combinación con otros sustratos, puede ser útil.

5. Conclusiones

Este estudio evaluó las propiedades fisicoquímicas de diversos residuos agroindustriales generados en el estado de Tabasco harina de pescado, harina de plátano, melaza y suero de leche con el objetivo de determinar su viabilidad como sustratos en procesos de biorremediación. Los análisis realizados evidenciaron que estos recursos contribuyen el valor agregado, poseen características favorables, como niveles adecuados de pH, buena conductividad eléctrica y una composición rica en nutrientes esenciales.

Por otra parte, propiedad como la densidad de cada residuo influye directamente en la dinámica microbiana, lo que sugiere que la combinación estratégica de residuos con diferentes propiedades puede potenciar la actividad biológica y acelerar la recuperación de suelos contaminados. En particular, la harina de pescado destacó por su alto contenido de cenizas y su potencial para enriquecer suelos degradados.

Los hallazgos de esta investigación respaldan la utilización de residuos agroindustriales como herramientas ecológicas y sostenibles para el manejo ambiental, contribuyendo a una economía circular en la región.

Se sugiere realizar investigaciones adicionales para formular mezclas de residuos agroindustriales que equilibren adecuadamente la densidad, el contenido nutricional y la capacidad de retención de humedad, maximizando así su eficacia en procesos de biorremediación. De igual manera se recomienda realizar ensayos en suelos contaminados o degradados de Tabasco, para evaluar la efectividad de estos residuos bajo condiciones reales, considerando variables climáticas, tipo de suelo y nivel de contaminación.

6. Agradecimientos

Los autores agradecen a la División Académica de Ciencias Básicas por el apoyo brindado al momento de realizar este trabajo de investigación, así mismo se agradece a la academia de química, a su cuerpo académico, a la Red multidisciplinaria en materia ambiental desde la perspectiva de la química aplicada y sus recursos con los cuales fue posible realizar este trabajo.

7. Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

8. Declaración del uso de inteligencia artificial

Los autores declaran no haber utilizado ninguna inteligencia artificial en el diseño de este artículo.

9. Resumen Gráfico

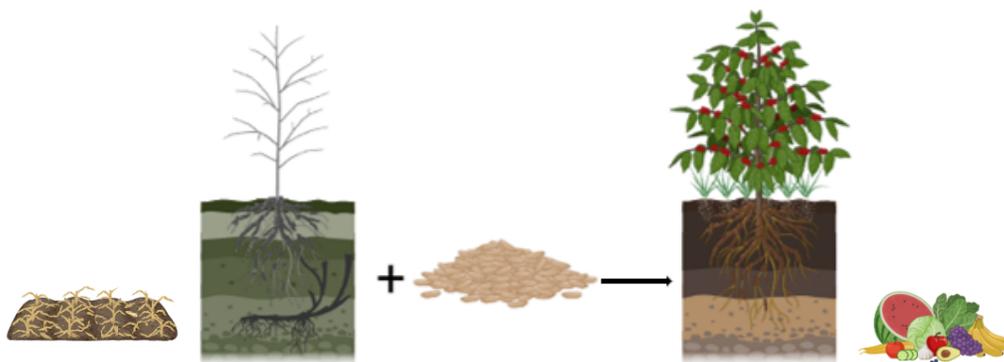


Figura 1. Efecto de residuos agroindustriales en la biorremediación de suelos

10. Referencias

- [1] DOF, *NOM-021-SEMARNAT-2000. Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis*, Segunda sección, diciembre 2002.
- [2] DOF, *NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación*, Diario Oficial de la Federación, mayo 2019.
- [3] Y. M. Cortés, “El pez diablo: una especie exótica invasora,” *Biocenosis*, vol. 23, no. 2, 2010.
- [4] B. Hannibal, A. Santillán, A. Mercy, E. Ramos, V. Paola, and A. Rincon, “Aprovechamiento del suero de leche como bebida energizante para minimizar el impacto ambiental,” *European Scientific Journal*, vol. 11, no. 26, 2015.
- [5] A. H. Hernández, L. D. Hernández, and G. H. Rivera, “Harina de plátano ‘Photarina’,” 2015.
- [6] R. A. Huertas, “Lactosuero: importancia en la industria de alimentos,” *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, pp. 4967–4982, 2009.
- [7] M. Á. Mazorra-Manzano and J. Moreno-Hernández, “Propiedades y opciones para valorizar el lactosuero de la quesería,” *Biotecnología y ciencias agropecuarias*, pp. 133–144, 2019.
- [8] J. A. Ossa, M. C. Vanegas, and Á. M. Badillo, “Evaluación de la melaza de caña como sustrato para el crecimiento de *Lactobacillus plantarum*,” 2010.
- [9] M. F. Uribe, *Uso de un preservante bacteriano en anchoveta (*Engraulis ringens*) en poza de recepción destinada a la producción de harina de pescado*, Tesis de Ingeniero Pesquero, Lima, Perú, 2022.
- [10] A. Preciado-Saldaña, A. Ruiz-Canizales, J. Ruiz-Canizales, M. Villegas-Ochoa, J. Domínguez-Avila, and G. González-Aguilar, “Aprovechamiento de subproductos de la industria agroalimentaria. Un acercamiento a la economía circular,” *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, pp. 92–99, 2022.
- [11] M. Y. Ruiz-Aguilar, J. A. Montes-Molina, J. Castañón-González, F. Gutiérrez-Miceli, M. Hernández-Guzmán, H. López-López, ... J. Villalobos-Maldonado, “Uso de la harina del pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.) en la fertilización orgánica del tomate (*Solanum lycopersicum* L.),” *Rev. Int. Contam. Ambie.*, pp. 159–169, 2023.

- [12] S. d. Rural, “Respalda Agricultura producción de harina de plátano verde panificable de alto valor nutricional y con potencial de reemplazar importaciones,” *Gobierno de México*, 15-dic-2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/respalda-agricultura-produccion-de-harina-de-platano-verde-panificable-de-alto-valor-nutricional-y-con-potencial-de-reemplazar-importaciones>
- [13] SAGARPA, *Melazas de caña de azúcar y su uso en la fabricación de dietas para ganado*, México: Universidad Autónoma Chapingo, 2016.
- [14] I. d. Gremasqui, M. Giménez, M. Lobo, and N. Sammán, “Propiedades químicas y físicas de harinas proteicas obtenidas por hidrólisis enzimática,” *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, pp. 229–236, 2021.
- [15] U. P. Valencia, “Determinación experimental de densidad y porosidad en alimentos sólidos y líquidos,” *RiuNet*, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/144736/talens%20%20determinaci%C3%B3n%20experimental%20de%20densidad%20y%20porosidad%20en%20alimentos%20s%C3%B3lidos%20y%20l%C3%ADquidos.pdf?sequence=1>
- [16] B. E. Barragán Huerta, Y. A. Téllez Díaz, and A. Laguna Trinidad, “Utilización de residuos agroindustriales,” *Revista Sistemas Ambientales*, vol. 2, no. 1, pp. 44–50, 2008.
- [17] S. Saval, “Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro,” *BioTecnología*, vol. 16, no. 2, pp. 2–3, 2012.
- [18] I. Fuentes-Domínguez, “Enmiendas orgánicas a partir de residuos agroindustriales para aplicación a suelos con derrames de hidrocarburos,” en *La investigación en la UJAT desde la perspectiva de los Cuerpos Académicos de la DACB*, pp. 82–96, 2024.
- [19] L. J. Bayona Anton, *Biol a partir de residuos de pescado y de estiércol vacuno en la mejora del suelo para la producción de lechuga*, Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo, 2022.
- [20] A. Madrid, J. M. Madrid, and R. Madrid, “Piensos, harinas, aceites y concentrados proteínicos de pescado,” en *Piensos y alimentos para animales*, cap. 4, pp. 35–56, Mundi-Prensa Libros, 1995.