



CIENCIA I CEST

- Evaluación del mucílago de Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) como biocoagulante en el tratamiento primario de agua cruda de la laguna El Bartolo.
- Producción experimental de bioetanol a partir de cáscaras de plátano Dominico y Macho como biomasa residual.
- Sistema de riego por aspersión automatizado con sensores y árbol de decisión J48 para huertos urbanos.
- Diseño y evaluación preliminar de una Pillbox inteligente para monitoreo de la adherencia a medicamentos.
- Detección de protozoarios de importancia sanitaria en ostión americano (*Crassostrea virginica*) de la laguna costera de Pueblo Viejo, Veracruz.

1.-Editorial.....	1
2.-Evaluación del mucílago de Aloe vera (Aloe barbadensis Miller) como biocoagulante en el tratamiento primario de agua cruda de la laguna El Bartolo.....	3
3.- Producción experimental de bioetanol a partir de cáscaras de plátano Dominico y Macho como biomasa residual.....	7
4. Sistema de riego por aspersión automatizado con sensores y árbol de decisión J48 para huertos urbanos.....	10
5.- Diseño y evaluación preliminar de una Pillbox inteligente para monitoreo de la adherencia a medicamentos.....	13
6.-Detección de protozoarios de importancia sanitaria en ostión americano (Crassostrea virginica) de la laguna costera de Pueblo Viejo,Veracruz.....	16
7.- Instrucciones para los autores.....	19

Comité Editorial

EDITOR

Lic. Isaías Ramos Luna, M.E.

MIEMBROS DEL COMITÉ EDITORIAL

Dr. Julio Laria Menchaca
Universidad Autónoma de Tamaulipas SniI, Doctor en Tecnología Avanzada, Docente e Investigador de Nivel Superior.

Dr. Marco Antonio Díaz Martínez
Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, SNI-Candidato, Docente – Investigador.

M.D.H.D Edgar Alberto González Morales
Universidad Tecnológica de Altamira – Presidente de Academia en Ingeniería Mecatrónica.

Q.F.B María Elena Nava Diguero
Socio Fundador del Colegio de Químicos Clínicos de Tamaulipas A.C.

M.I.E Ruben Loredó Amaro
Universidad Tecnológica de Altamira – Docente de Tiempo Completo – Perfil Deseable Prodep.

Ing. Emilio Rafael Benavides Osorio
Presidente del Colegio Mexicano de Ingenieros y Arquitectos A.C.

Dr. Eduardo Cardiel Reyes
Instituto de Ciencias y Estudios Superiores de Tamaulipas, Investigador y Docente de Nivel Superior.

Directorio

Instituto de Ciencias y Estudios Superiores de Tamaulipas, A. C.

Lic. Carlos L. Dorantes del Rosal, D.E.

Fundador y Rector Emérito

Lic. Sandra L. Avila Ramírez, M.E.

Rectora

Lic. Carlos Dorantes Acosta, M.D.C.

Vicerrector

Lic. María del Socorro Moreno González, M.C.A.

Directora General de Desarrollo Académico

Dra. Mireya Gochicoa Acosta, PhD.

Directora de Investigación

Arq. Francisco Alfonso Navarrete Sámano M.A.D.A.

Jefe de carrera de Arquitectura y Diseño gráfico Campus Tampico 2000

Dr. Antonio Jiménez Balderas M.E.

Jefe de carrera Mecatrónica y Sistemas Computacionales Campus Tampico 2000

Dr. Enrique González Sosa M.E.

Jefe de carrera Industrial, Petrolera y Químico Industrial Campus Tampico 2000

Q.F.B María Elena Nava Diguero M.E.

Jefa de carrera de Químico Farmacobiólogo

Editorial

El tercer número del segundo volumen de CienciaIcest reúne cinco contribuciones originales desarrolladas en las áreas de ciencias químicas, ingeniería, automatización, salud digital, bioenergía, agricultura inteligente y salud ambiental. En conjunto, los trabajos muestran la diversidad de líneas de investigación impulsadas en el Instituto de Ciencias y Estudios Superiores de Tamaulipas y su orientación hacia la solución de problemáticas ambientales, tecnológicas, sanitarias y de aprovechamiento sustentable de recursos.

El primer trabajo evalúa el mucílago de Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) como biocoagulante-floculante en el tratamiento primario de agua cruda de la laguna El Bartolo. Mediante ensayos de laboratorio se analizaron diferentes dosis y parámetros fisicoquímicos. La dosis de 3 mL por 1000 mL mostró una clarificación más consistente y, en los pares de muestras estudiados, se observaron reducciones importantes de turbidez, color y sólidos. El estudio plantea el potencial del Aloe vera como componente de un tratamiento primario, señalando al mismo tiempo que la cloración y la filtración incluidas en el proceso impiden atribuir todos los cambios exclusivamente al mucílago.

La segunda contribución aborda la producción experimental de bioetanol a partir de cáscaras de plátano Dominicó y Macho como biomasa residual. El proceso incluyó cocción, hidrólisis ácida, fermentación con levadura y destilación simple. Ambas materias primas permitieron obtener bioetanol; el plátano Dominicó presentó una fermentación aparentemente más rápida, mientras que el plátano Macho fue considerado favorable por características relacionadas con costo y tamaño de la materia prima. Los resultados respaldan el aprovechamiento de residuos agroalimentarios dentro de esquemas de economía circular, aunque se requieren réplicas controladas y cuantificación instrumental para establecer rendimientos comparables.

El tercer artículo presenta un sistema de riego por aspersión automatizado para huertos urbanos que integra sensores, Arduino UNO y reglas derivadas de un árbol de decisión J48 generado en Weka. El prototipo monitorea humedad del suelo, temperatura, humedad ambiental, lluvia y nivel de agua, y controla automáticamente una bomba de acuerdo con las condiciones registradas y el cultivo seleccionado. La evaluación mostró viabilidad funcional preliminar y un comportamiento orientado a optimizar el uso del agua, aunque el trabajo reconoce la necesidad de contar con registros completos de consumo, calibración de sensores y métricas del clasificador para cuantificar el ahorro con mayor rigor.

La cuarta contribución describe el diseño y evaluación preliminar de una Pillbox inteligente para apoyar el monitoreo de la adherencia a medicamentos. El sistema integra hardware y software para registrar medicamentos, horarios y dosis, emitir recordatorios y conservar un historial de tomas. Una encuesta aplicada a 30 participantes identificó al olvido como una barrera frecuente y mostró aceptación potencial de la tecnología. El trabajo constituye una aproximación tecnológica inicial y establece como siguiente etapa la evaluación prospectiva en pacientes crónicos mediante instrumentos validados y mediciones objetivas de adherencia.

El quinto artículo estudia la detección de protozoarios de importancia sanitaria en ostión americano (*Crassostrea virginica*) procedente de la laguna costera de Pueblo Viejo, Veracruz. Se analizaron 99 ostiones mediante técnicas de concentración y observación microscópica. Treinta y seis muestras

presentaron estructuras parasitarias; no se detectaron formas compatibles con *Entamoeba* spp., mientras que se observaron estructuras morfológicamente compatibles con *Cryptosporidium* spp. Los resultados aportan evidencia preliminar para considerar al ostión como organismo centinela en la vigilancia parasitológica, destacándose la necesidad de protocolos estandarizados y técnicas confirmatorias como inmunofluorescencia o métodos moleculares.

Los cinco trabajos que integran este número reflejan el carácter multidisciplinario de CienCIALCEST y la vinculación de la investigación académica con retos de sostenibilidad, gestión del agua, aprovechamiento de residuos, automatización, salud digital e inocuidad alimentaria. Asimismo, muestran la importancia de continuar fortaleciendo el diseño experimental, la validación cuantitativa y la estandarización metodológica como elementos fundamentales para consolidar futuras líneas de investigación.

Agradecemos a los autores, al comité editorial y a los revisores por su participación y por su contribución a la calidad científica de este tercer número del segundo volumen de CienCIALCEST.

Lic. Isaias Ramos Luna, M.E.

Editor, CienCIALCEST

Instituto de Ciencias y Estudios Superiores de Tamaulipas

@icest.edu.mx

Evaluación del mucílago de Aloe vera (Aloe barbadensis Miller) como biocoagulante en el tratamiento primario de agua cruda de la laguna El Bartolo

Ilyari Ederi Carrizales Urbina

Fecha de recepción: 07 septiembre 2026

Fecha de aceptación: 17 septiembre 2026

RESUMEN

El tratamiento de aguas superficiales requiere alternativas de coagulación-floculación que reduzcan la carga particulada con menor dependencia de reactivos sintéticos. El objetivo fue evaluar el mucílago de Aloe vera (Aloe barbadensis Miller) como biopolímero coagulante-floculante en agua cruda de la laguna El Bartolo, fuente superficial de la zona conurbada del sur de Tamaulipas. Se realizó un estudio experimental de laboratorio con 17 ensayos exploratorios de dosificación y 14 pares de muestras de agua cruda y tratada. El mucílago se obtuvo de pencas frescas por raspado; en el tratamiento se emplearon 1 o 3 mL de mucílago por 1000 mL de agua, 0.2 mL de cloro por litro, sedimentación, reposo y filtración. Se determinaron color, turbidez, pH, cloruros, alcalinidad, dureza, sólidos y coliformes. La dosis de 3 mL mostró formación de flóculos y clarificación más consistente que 1 mL. En los 14 pares analizados, la turbidez disminuyó de 7.08 ± 4.32 a 2.70 ± 0.88 NTU (61.8%), el color de 172.3 ± 31.6 a 85.1 ± 28.7 Pt-Co (50.6%), los sólidos suspendidos de 15.8 ± 3.6 a 4.5 ± 2.4 mg/L (71.5%) y los sólidos totales de 643.0 ± 36.3 a 267.3 ± 183.5 mg/L (58.4%). El análisis pareado exploratorio mediante Wilcoxon mostró diferencias para turbidez ($p < 0.001$), color ($p = 0.001$), sólidos suspendidos ($p = 0.001$) y sólidos totales ($p < 0.001$). Los resultados respaldan el potencial del mucílago como componente de un tratamiento primario; sin embargo, por incluir cloración y filtración, el diseño no permite atribuir todos los cambios exclusivamente al Aloe vera.

PALABRAS CLAVE

Aloe vera, biocoagulante, mucílago, coagulación-floculación, turbidez, tratamiento de agua.

ABSTRACT

Surface-water treatment requires coagulation-flocculation alternatives capable of reducing particulate loads while decreasing reliance on synthetic reagents. This study evaluated Aloe vera (Aloe barbadensis Miller) mucilage as a biopolymeric coagulant-flocculant for raw water from El Bartolo Lagoon, a surface-water source in southern Tamaulipas, Mexico. A laboratory experimental study was conducted with 17 exploratory dosage trials and 14 paired raw/treated water samples. Mucilage was obtained from fresh leaves by scraping. Treatment used 1 or 3 mL mucilage per 1000 mL water, 0.2 mL chlorine per liter, sedimentation, resting, and filtration. Color, turbidity, pH, chlorides, alkalinity, hardness, solids, and coliforms were assessed. The 3 mL dose produced more consistent floc formation and clarification than 1 mL. Across the 14 paired samples, turbidity decreased from 7.08 ± 4.32 to 2.70 ± 0.88 NTU (61.8%), color from 172.3 ± 31.6 to 85.1 ± 28.7 Pt-Co (50.6%), suspended solids from 15.8 ± 3.6 to 4.5 ± 2.4 mg/L (71.5%), and total solids from 643.0 ± 36.3 to 267.3 ± 183.5 mg/L (58.4%). Exploratory paired Wilcoxon analysis showed differences for turbidity ($p < 0.001$), color ($p = 0.001$), suspended solids ($p = 0.001$), and total solids ($p < 0.001$). Results support the potential of Aloe vera mucilage as a component of primary water treatment. Because chlorination and filtration were also included, the design does not allow all observed changes to be attributed exclusively to Aloe vera.

KEYWORDS

Aloe vera, biocoagulant, mucilage, coagulation-flocculation, turbidity, water treatment.

INTRODUCCIÓN

La coagulación-floculación constituye una etapa central en la clarificación de aguas superficiales porque desestabiliza partículas coloidales y favorece su agregación y sedimentación. Aunque las sales de aluminio y hierro son ampliamente utilizadas, existe interés creciente en coagulantes de origen vegetal por su disponibilidad, biodegradabilidad y potencial aplicación en sistemas descentralizados [1], [2].

El Aloe vera contiene polisacáridos y grupos funcionales capaces de participar en fenómenos de adsorción y puenteo entre partículas. La literatura ha documentado reducciones importantes de turbidez mediante preparaciones líquidas o en polvo de Aloe vera, aunque el desempeño depende de la forma de extracción, dosis, pH, turbidez inicial, tiempo de mezcla y sedimentación [1]-[4]. Estudios recientes han reforzado la necesidad de protocolos reproducibles y de validación con matrices reales, ya que buena parte de la evidencia continúa concentrada en escala de laboratorio [5]-[7].

En la zona Tampico-Madero, la calidad de las fuentes superficiales puede variar por aportes urbanos, industriales y por cambios hidrológicos estacionales. La investigación que sustenta este artículo empleó agua cruda de la laguna El Bartolo y evaluó un tratamiento con mucílago de Aloe vera, cloración, sedimentación y filtración. El objetivo del presente artículo es sintetizar y reanalizar los datos experimentales para estimar el cambio en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, identificar una dosis operativamente útil y delimitar con precisión el alcance del biopolímero dentro del tren de tratamiento. La hipótesis de trabajo fue que el tratamiento que incorpora mucílago de Aloe vera reduce de manera medible la turbidez, el color y la fracción de sólidos suspendidos respecto al agua cruda.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

El estudio se realizó sobre muestras de agua y material vegetal, sin intervención en seres humanos ni animales. La manipulación microbiológica se efectuó con procedimientos de laboratorio y el análisis se orientó a parámetros de calidad de agua. Para la interpretación normativa se consideró la NOM-127-SSA1-2021, que establece límites permisibles de calidad para agua de uso y consumo humano [8]. Los resultados se presentan como evidencia experimental de tratamiento primario y no como certificación de potabilidad.

METODOLOGÍA

Diseño y muestra

Se desarrolló un estudio aplicado, experimental y comparativo antes-después. El agua cruda se obtuvo de la laguna El Bartolo. La fase exploratoria comprendió 17 pruebas de dosificación: cinco con 1 mL y doce con 3 mL de mucílago por 1000 mL de agua. En todas se mantuvo una dosis de 0.2 mL de cloro por litro. Parte de las muestras se recolectó durante el inicio y desarrollo de la temporada de lluvias, condición que incrementó la variabilidad natural de la matriz.

Preparación del mucílago y tratamiento

Se seleccionaron pencas frescas de Aloe barbadensis Miller, firmes y sin daño visible. Después del lavado, se retiró la pulpa clara y viscosa mediante raspado y se almacenó en recipientes limpios. El mucílago se añadió al agua cruda, se efectuó mezcla suave para favorecer el contacto con partículas suspendidas, se aplicó cloro, se dejó reposar y posteriormente se filtró con tela de algodón. El protocolo original estableció un periodo de 24 h previo a la filtración.

Determinaciones analíticas

Se midieron color (Pt-Co/Hazen), turbidez (NTU), pH, cloruros, alcalinidad, dureza total, cálcica y magnésica, sólidos totales, suspendidos y disueltos. La turbidez se determinó con turbidímetro calibrado; el pH mediante potenciómetro; los cloruros por titulación de Mohr; la alcalinidad por titulación ácido-base; y las durezas mediante EDTA. Para coliformes totales y fecales se empleó filtración por membrana de 0.45 μm y medios selectivos m-Endo y m-FC.

Análisis estadístico

A partir de la tabla de resultados de la tesis se efectuó un reanálisis exploratorio de 14 pares de observaciones cruda-tratada. Se calcularon media, desviación estándar y porcentaje de cambio. Debido al tamaño muestral reducido y a que no se documentó previamente normalidad de las diferencias, se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon bilateral, con $\alpha=0.05$. Esta inferencia debe interpretarse como análisis secundario exploratorio, ya que el diseño no incluyó un control paralelo sin mucílago ni separó el efecto de cloración y filtración.

RESULTADOS

Selección exploratoria de dosis

Las cinco pruebas con 1 mL/1000 mL presentaron clarificación insuficiente, persistencia de partículas y formación deficiente de flóculos. En las doce pruebas con 3 mL/1000 mL se reportó sedimentación completa, flóculos abundantes y compactos y mayor reducción visual de color y turbidez. La respuesta se mantuvo en muestras recolectadas durante episodios de lluvia; no obstante, la comparación de dosis fue secuencial y no aleatorizada, por lo que se considera evidencia operativa y no una estimación causal de superioridad.

Parám.	Cruda	Tratada	Cambio	p
Color	172.3±31.6	85.1±28.7	-50.6%	0.001
Turbidez	7.08±4.32	2.70±0.88	-61.8%	<0.001
pH	7.50±0.12	7.37±0.17	-1.7%	0.020
Cloruros	112.1±17.8	126.1±12.8	+12.5%	0.001
Alcalinidad	252.0±13.1	238.3±15.4	-5.4%	0.019
Dureza total	314.3±27.3	288.0±21.2	-8.4%	0.003
Dureza Ca	246.9±31.0	232.9±25.5	-5.7%	0.098
Dureza Mg	67.4±22.0	54.9±22.0	-18.6%	0.109
Sólidos tot.	643.0±36.3	267.3±183.5	-58.4%	<0.001
Sólidos susp.	15.8±3.6	4.5±2.4	-71.5%	0.001
Sólidos dis.	627.2±37.4	262.9±182.0	-58.1%	<0.001

Tabla 1. Comparación pareada de parámetros fisicoquímicos (n=14).

* Prueba de rangos con signo de Wilcoxon, bilateral. El valor p es un reanálisis exploratorio de los datos tabulados en la tesis.

Cambios fisicoquímicos

La reducción más marcada se observó en sólidos suspendidos (71.5%), turbidez (61.8%), sólidos totales (58.4%) y color (50.6%). La turbidez pasó de un intervalo de 3.53-16.7 NTU en agua cruda a 1.57-4.19 NTU después del tratamiento. El pH permaneció cercano a la neutralidad, mientras que la dureza cálcica y magnésica no mostraron diferencias estadísticamente claras en el reanálisis. Los cloruros aumentaron, comportamiento coherente con la incorporación de cloro al tren de tratamiento.

Análisis microbiológico

En los resultados se reporta presencia de coliformes en agua cruda y ausencia de crecimiento en los medios selectivos después del tratamiento. Dado que el protocolo incluyó cloración, este hallazgo debe atribuirse al proceso combinado y no al mucílago por sí solo.

DISCUSIÓN

La disminución de turbidez y sólidos suspendidos es consistente con el mecanismo propuesto para biocoagulantes ricos en polisacáridos, en los que la adsorción y el puenteo polimérico favorecen la agregación de partículas [1], [3]. En agua natural, Bouchareb et al. reportaron reducciones de turbidez dependientes de la forma de preparación del Aloe vera, con mejor desempeño de extractos líquidos que del material en polvo [3]. Estudios posteriores han confirmado que la concentración del biocoagulante, el pH y las condiciones de mezcla y sedimentación determinan de forma importante el rendimiento [4]-[7].

Los resultados locales aportan valor porque utilizan una matriz superficial real y variable, no agua sintética. La dosis de 3 mL/L mostró un comportamiento operativo más consistente incluso durante eventos de lluvia. Sin embargo, esta observación no debe interpretarse como dosis óptima universal: investigaciones recientes con ensayos de jarras han encontrado dosis óptimas distintas según la turbidez inicial y el protocolo de preparación [5], [6]. Esto respalda la necesidad de estandarizar la concentración del mucílago en unidades de masa/volumen y controlar velocidad de mezcla, tiempo de floculación y sedimentación.

El hallazgo de reducción de sólidos disueltos debe interpretarse con cautela. En la investigación, los sólidos disueltos se calcularon por diferencia entre sólidos totales y suspendidos; por ello, cualquier variabilidad analítica en ambos componentes se propaga al valor derivado. Además, el tratamiento incluyó filtración y cloración, de modo que el diseño no permite separar la contribución específica del mucílago. Para una validación posterior se recomienda un diseño factorial o, como mínimo, cuatro grupos paralelos: control sin tratamiento, mucílago, cloro y mucílago+cloro, todos con filtración estandarizada.

La literatura de 2025-2026 muestra una evolución hacia protocolos más reproducibles, ensayos de jarras controlados, sistemas hidráulicos y conjuntos de datos abiertos [5]-[7]. En ese contexto, la principal contribución de este estudio es aportar evidencia preliminar obtenida con agua cruda del sur de Tamaulipas y señalar una condición de dosificación útil para futuras pruebas controladas.

LIMITACIONES

El estudio presenta cuatro limitaciones principales: (1) ausencia de un grupo control paralelo que permita aislar el efecto del mucílago; (2) dosificación expresada en volumen de mucílago sin caracterización de concentración, viscosidad o contenido de sólidos; (3) comparación de 1 y 3 mL realizada en series no aleatorizadas y bajo

condiciones ambientales diferentes; y (4) discrepancia documental en el resultado microbiológico final. Estas limitaciones impiden afirmar que el Aloe vera, de manera aislada, potabiliza el agua o elimina microorganismos.

CONCLUSIONES

El tratamiento experimental que incorporó mucílago de Aloe vera produjo reducciones relevantes de turbidez, color y sólidos suspendidos en agua cruda de la laguna El Bartolo. La dosis de 3 mL por litro presentó mejor comportamiento operativo que 1 mL por litro en la fase exploratoria. El reanálisis pareado de 14 muestras mostró reducciones de 61.8% en turbidez, 50.6% en color y 71.5% en sólidos suspendidos, con diferencias estadísticamente significativas. El pH permaneció en un intervalo cercano a la neutralidad.

Los resultados respaldan al mucílago como candidato para una etapa de coagulación-floculación de bajo costo, pero no demuestran por sí mismos potabilización ni efecto antimicrobiano. La siguiente fase debe incorporar controles experimentales, ensayos de jarras con réplicas, estandarización del biocoagulante, comparación con coagulantes convencionales y verificación microbiológica independiente. Con estas mejoras, la propuesta puede avanzar desde una prueba de concepto local hacia una tecnología reproducible para tratamiento primario y descentralizado.

APORTE CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

El estudio aporta una evaluación aplicada del mucílago de Aloe barbadensis Miller sobre agua superficial real de la región sur de Tamaulipas, documenta una condición de dosificación preliminar y cuantifica cambios en múltiples indicadores de calidad. Su relevancia tecnológica radica en orientar el desarrollo de procesos de clarificación basados en materias primas vegetales disponibles localmente, con potencial para sistemas de tratamiento primario de baja complejidad.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los datos utilizados en este artículo proceden de las tablas experimentales incluidas en la tesis de licenciatura "Evaluación de mucílago de Aloe vera (Aloe barbadensis Miller) para su uso como biopolímero en la limpieza de aguas crudas". Para la versión final se recomienda depositar la matriz de datos original y las bitácoras de laboratorio en un repositorio institucional.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- [1] K. M. Katubi et al., "Aloe vera as Promising Material for Water Treatment: A Review," *Processes*, vol. 9, no. 5, art. 782, 2021, doi: 10.3390/pr9050782.
- [2] A. A. et al., "Application of Plant-Based Coagulants and Their Mechanisms in Water Treatment: A Review," *Journal of Renewable Materials*, 2024.
- [3] R. Bouchareb et al., "Use of Aloe vera as an Organic Coagulant for Improving Drinking Water Quality," *Water*, vol. 13, no. 15, art. 2024, 2021, doi: 10.3390/w13152024.
- [4] "Estudio de la aplicación del Aloe vera (L.) como coagulante para reducir la turbidez en el agua del río Caplina," *Scienceevolution*, vol. 3, no. 11, pp. 38-46, 2024, doi: 10.61325/ser.v3i11.95.
- [5] C. B. Donadel et al., "Aloe Vera in Water Treatment: Toward a Greener Future for Environmental Engineering," *Sustainability*, vol. 17, no. 9, art. 4163, 2025, doi: 10.3390/su17094163.
- [6] D. S. de Oliveira and C. B. Donadel, "Experimental dataset on the application of aloe vera gel as a natural coagulant for water treatment," *Data in Brief*, vol. 64, art. 112366, 2026, doi: 10.1016/j.dib.2025.112366.
- [7] D. S. de Oliveira and C. B. Donadel, "Simplified and Rapid Preparation Protocol for Producing Aloe Vera-Based Natural Coagulant for Water Treatment," *Methods and Protocols*, vol. 9, no. 4, art. 106, 2026, doi: 10.3390/mps9040106.
- [8] Secretaría de Salud, "NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua," *Diario Oficial de la Federación*, México, 2 mayo 2022.
- [9] NMX-AA-038-SCFI-2001, "Análisis de agua—Determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas—Método de prueba," México, 2001.
- [10] NMX-AA-072-SCFI-2001, "Análisis de agua—Determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas—Método de prueba," México, 2001.
- [11] NMX-AA-073-SCFI-2001, "Análisis de agua—Determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas—Método de prueba," México, 2001.
- [12] K. Y. Maquera Maquera, "Evaluación de coagulantes de Opuntia ficus-indica y Aloe vera para reducir la turbidez del agua superficial del río Caplina, Tacna, 2026," *Ciencia & Desarrollo*, 2026, doi: 10.33326/26176033.2025.2.2575.

Producción experimental de bioetanol a partir de cáscaras de plátano Dominico y Macho como biomasa residual

Ana Karen Del Angel Velazco

Fecha de recepción: 07 septiembre 2026

Fecha de aceptación: 17 septiembre 2026

RESUMEN

La valorización de residuos agroalimentarios como materia prima para biocombustibles de segunda generación constituye una alternativa de interés para la economía circular. El objetivo fue comparar el comportamiento de cáscaras de plátano Dominico (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*) y Macho (*Musa balbisiana*) en un proceso experimental de obtención de bioetanol. A escala de laboratorio se aplicaron cocción, hidrólisis ácida con H_2SO_4 , fermentación con levadura activada y destilación simple. Se procesaron 0.852 kg de cáscara de Dominico y 1.489 kg de Macho; el pH inicial fue 6.5 y descendió a 5 después de la hidrólisis. La fermentación se redujo, tras pruebas preliminares, a aproximadamente ocho días. La tesis reportó que ambas materias primas permitieron obtener bioetanol; el Dominico mostró mayor eficiencia en cantidad obtenida y fermentación más rápida, mientras que el Macho fue considerado más favorable económicamente por precio y tamaño. Una encuesta complementaria a 23 profesionales del área de procesos mostró alta aceptación de tecnologías sostenibles y del aprovechamiento de cáscara de plátano. Se concluye que ambas cáscaras presentan potencial como sustrato residual, aunque se requieren réplicas controladas, cuantificación instrumental del etanol y análisis de rendimiento para confirmar diferencias entre variedades.

PALABRAS CLAVE

Bioetanol; cáscara de plátano; biomasa lignocelulósica; fermentación; Musa; valorización de residuos.

ABSTRACT

Valorization of agro-food residues as feedstock for second-generation biofuels is relevant to circular bioeconomy. This study compared Dominico banana peel (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*) and plantain peel (*Musa balbisiana*) in an experimental bioethanol production process. Laboratory-scale cooking, sulfuric-acid hydrolysis, fermentation with activated yeast, and simple distillation were performed. A total of 0.852 kg of Dominico peel and 1.489 kg of plantain peel were processed; initial pH was 6.5 and decreased to 5 after hydrolysis. Following preliminary trials, fermentation time was reduced to approximately eight days. The original thesis reported bioethanol production from both feedstocks; Dominico peel showed greater efficiency in the amount obtained and faster fermentation, whereas plantain peel was considered economically advantageous because of price and size. A complementary survey of 23 process professionals showed high acceptance of sustainable technologies and banana-peel valorization. Both peels therefore show potential as residual substrates, but controlled replicates, instrumental ethanol quantification, and yield analysis are required to confirm varietal differences.

KEYWORDS

Bioethanol; banana peel; lignocellulosic biomass; fermentation; Musa; waste valorization.

INTRODUCCIÓN

Los residuos de plátano son una biomasa lignocelulósica de interés para producir bioetanol sin utilizar directamente la fracción alimentaria. Revisiones recientes señalan que el pretratamiento, la hidrólisis y la fermentación determinan en gran medida la conversión de estos residuos, y que la composición fisicoquímica varía entre materiales de Musa [1], [2]. Un estudio de 2024 confirmó que la cáscara puede generar azúcares fermentables y etanol después de pretratamiento e hidrólisis, aunque el rendimiento depende de las condiciones de operación [3]. En este contexto, el objetivo fue comparar experimentalmente dos tipos de cáscara de plátano disponibles en Tamaulipas: Dominico y Macho, describiendo además la percepción de profesionales del sector sobre el uso de esta biomasa.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

La fase experimental utilizó residuos vegetales y no implicó intervención en seres humanos. La encuesta complementaria recopiló opiniones de 23 profesionales; para publicación se presentan únicamente resultados agregados, sin datos personales ni identificación de la empresa de procedencia.

METODOLOGÍA

Se desarrolló un estudio mixto con componente experimental y una encuesta descriptiva complementaria. En las pruebas de laboratorio se compararon cáscaras de plátano Dominico y Macho. Se procesaron 852 g y 1489 g, respectivamente. El tiempo de cocción fue de 21 min para Dominico y 90 min para Macho. Antes de la hidrólisis ambas muestras registraron pH 6.5. Se añadieron 500 mL de agua y aproximadamente 2 mL de H₂SO₄; la hidrólisis duró 28 min para Dominico y 30 min para Macho a 25 °C, obteniéndose pH 5.

Para la fermentación se activaron, por cada tratamiento, 4 g de levadura con 4 g de azúcar y 50 mL de agua durante 30 min. Las pruebas preliminares con 16 días de fermentación presentaron contaminación; por ello el procedimiento se modificó a aproximadamente ocho días y se incorporó destilación simple. El pH se monitoreó diariamente mediante tres mediciones por tratamiento. En paralelo, se aplicó una escala tipo Likert a 23 profesionales de 30 a 50 años vinculados con procesos químicos y refinación de hidrocarburos en Tamaulipas. La encuesta se analizó mediante frecuencias y porcentajes.

RESULTADOS

Durante la fermentación, el pH del tratamiento Macho pasó de 5 a 6 desde el tercer día, mientras que el Dominico permaneció en 5 hasta el cuarto día y alcanzó 6 a partir del quinto; al octavo día ambos tratamientos registraron pH 6. La investigación reportó obtención de bioetanol con ambas cáscaras. El Dominico presentó fermentación más rápida y mayor cantidad de bioetanol, mientras que el Macho fue valorado como más rentable por las características físicas y el costo de la materia prima. No se reporta concentración de etanol mediante cromatografía, densimetría o alcoholimetría ni un rendimiento normalizado (g etanol/g biomasa), por lo que la comparación debe considerarse preliminar.

La encuesta mostró aceptación elevada: 87% estuvo de acuerdo o totalmente de acuerdo en que la cáscara es una fuente adecuada; 100% apoyó desarrollar tecnologías sostenibles para biocombustibles; 79% manifestó disposición a utilizar bioetanol de cáscara de plátano y 91% consideró que podría ser rentable y competitivo. Asimismo, 100% apoyó una mayor diversificación de energías renovables y consideró que este bioetanol podría ser una fuente más limpia y sostenible.

DISCUSIÓN

Los resultados son consistentes con la literatura que reconoce el potencial de los residuos de plátano para producir bioetanol mediante rutas que incluyen pretratamiento, hidrólisis y fermentación [1]-[3]. La biomasa lignocelulósica requiere romper o modificar su estructura para liberar azúcares fermentables; trabajos recientes destacan que la selección del pretratamiento y la integración de etapas condicionan el rendimiento y la viabilidad del proceso [4], [5]. Por ello, el uso de hidrólisis ácida en esta investigación es conceptualmente pertinente, pero la acidez residual puede afectar la levadura si no se controla adecuadamente.

La diferencia observada entre Dominico y Macho no puede atribuirse exclusivamente a la variedad porque se procesaron masas diferentes y también variaron los tiempos de cocción e hidrólisis. La literatura actual utiliza diseños de optimización y métodos instrumentales para cuantificar azúcares y etanol, lo que constituye el siguiente paso para validar el proceso [3].

La encuesta aporta evidencia de aceptación entre profesionales, pero no demuestra factibilidad técnica, ambiental o económica. El muestreo fue intencional y pequeño, por lo que los porcentajes describen únicamente al grupo consultado. Para fortalecer la

transferencia tecnológica es necesario separar el estudio experimental de la percepción, y realizar un análisis tecnoeconómico y aplicar evaluación de ciclo de vida.

CONCLUSIONES

Las pruebas de laboratorio documentaron la obtención de bioetanol a partir de cáscaras de plátano Dominico y Macho. El Dominico mostró una fermentación aparentemente más rápida y fue reportado con mayor cantidad de producto, mientras que el Macho fue considerado económicamente favorable por el costo y tamaño de la materia prima. Estos hallazgos respaldan el potencial de valorización de ambos residuos, pero no permiten establecer superioridad concluyente entre variedades. Se recomienda estandarizar la masa de biomasa, temperatura y tiempo de pretratamiento; neutralizar y controlar el pH antes de fermentar; realizar réplicas; medir azúcares y concentración de etanol con métodos instrumentales; calcular rendimiento y productividad; y posteriormente efectuar análisis estadístico, tecnoeconómico y ambiental.

REFERENCIAS

- [1] S. Kirti et al., "Bioethanol from various types of banana waste: A review," *Bioresource Technology Reports*, vol. 18, 101092, 2022, doi: 10.1016/j.biteb.2022.101092.
- [2] "Biogas, bioethanol and biodiesel production from banana peels," in *Banana Peels Valorization: Sustainable and Eco-friendly Applications*, Elsevier, 2024, pp. 259-287, doi: 10.1016/B978-0-323-95937-7.00013-5.
- [3] "Utilization of banana peel waste for the production of bioethanol and other high-value-added compounds," *Food and Humanity*, vol. 3, 100376, 2024, doi: 10.1016/j.foohum.2024.100376.
- [4] K. Wang, Z. Shen, X. Wang, Z. Li and S. Cheng, "Advances in enhancing the enzymatic saccharification process of lignocellulosic biomasses for bioethanol production," *Biomass and Bioenergy*, 2024, 107450, doi: 10.1016/j.biombioe.2024.107450.
- [5] S. Rahmati et al., "Pretreatment and fermentation of lignocellulosic biomass: reaction mechanisms and process engineering," *Reaction Chemistry & Engineering*, 2020, doi: 10.1039/D0RE00241K.

Sistema de riego por aspersión automatizado con sensores y árbol de decisión J48 para huertos urbanos

Diana Carolina Tapia del Angel

Fecha de recepción: 07 septiembre 2026

Fecha de aceptación: 17 septiembre 2026

RESUMEN

Se diseñó e implementó un sistema de riego por aspersión automatizado de pequeña escala para huertos urbanos en Pueblo Viejo, Veracruz, integrando sensores, Arduino UNO y reglas de un árbol de decisión J48 generado en Weka. El estudio fue cuantitativo, experimental y longitudinal. El prototipo monitoreó humedad del suelo, temperatura, humedad ambiental, lluvia y nivel de agua, y controló automáticamente una bomba según el cultivo seleccionado. Se evaluó en un huerto de flores de aproximadamente 1.2×0.60 m y se comparó con riego manual. La tesis reportó menor uso de agua y mantenimiento de la humedad dentro del rango definido; sin embargo, no documentó los valores numéricos finales de consumo ni métricas del clasificador. Una encuesta a 30 usuarios mostró que 36% identificó el exceso de agua como principal problema, 35% utilizaba manguera directa y 40% esperaba optimización hídrica con automatización. El prototipo demuestra viabilidad funcional preliminar, pero requiere registros completos, calibración y validación cuantitativa para estimar el ahorro real.

PALABRAS CLAVE

Riego inteligente; Arduino; J48; humedad del suelo; huertos urbanos; eficiencia hídrica.

ABSTRACT

A small-scale automated sprinkler irrigation system for urban gardens was designed and implemented in Pueblo Viejo, Veracruz, integrating sensors, Arduino UNO, and rules from a J48 decision tree generated in Weka. The quantitative, experimental, longitudinal study evaluated the prototype in an approximately 1.2×0.60 m flower garden and compared it with manual irrigation. The thesis reported lower water use while maintaining soil moisture within the target range; however, final numerical consumption values and classifier metrics were not documented. A survey of 30 users showed that 36% identified overwatering as the main problem, 35% used a direct hose, and 40% expected water-use optimization from automation. The prototype shows preliminary functional feasibility, although complete logs, sensor calibration, and quantitative model validation are required.

KEYWORDS

Smart irrigation; Arduino; J48; soil moisture; urban gardens; water efficiency.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de riego inteligente combinan sensores y control automático para aplicar agua cuando las condiciones reales lo requieren. Estudios recientes han reportado reducciones aproximadas de 30% a 50% frente a esquemas convencionales, dependiendo del cultivo y la estrategia de control [1]-[3]. La propuesta estudiada integra monitoreo multisensor, selección del cultivo, Arduino UNO y un árbol J48 interpretable. El objetivo fue evaluar su funcionamiento y su potencial para reducir consumo de agua frente a un método manual.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

La fase experimental se realizó sobre un prototipo y un huerto urbano. La encuesta diagnóstica se presenta únicamente con resultados agregados y sin datos identificables.

METODOLOGÍA

Se desarrolló un estudio cuantitativo, experimental y longitudinal. El sistema incorporó sensores de humedad del suelo, temperatura, humedad ambiental, lluvia y nivel de agua; un Arduino UNO; bomba y actuadores; y un encoder para seleccionar el cultivo. Los datos se emplearon para generar en Weka un árbol J48 cuyas reglas determinaron activación y duración del riego. En el huerto piloto se registraron condiciones del suelo y ambiente, operación de la bomba y consumo de agua, y se comparó el sistema con riego manual. Como diagnóstico complementario se encuestaron 30 usuarios de huertos urbanos.

RESULTADOS

El prototipo monitoreó las variables previstas, ejecutó las reglas del árbol y activó o desactivó la bomba automáticamente. La tesis señala menor consumo respecto al método manual y mantenimiento de la humedad del suelo en el rango establecido. También reporta que el monitoreo evitó activaciones innecesarias.

Indicador	Respuesta predominante	Resultado
Problema del riego	Exceso de agua	11/30 (36%)
Método actual	Manguera directa	10/30 (33%)*
Beneficio esperado	Optimización del agua	12/30 (40%)
Frecuencia	Diario o >1/día	15/30 (50%)
Volumen por ciclo	≥200 L	21/30 (70%)

Tabla 1. Indicadores diagnósticos seleccionados (n=30).

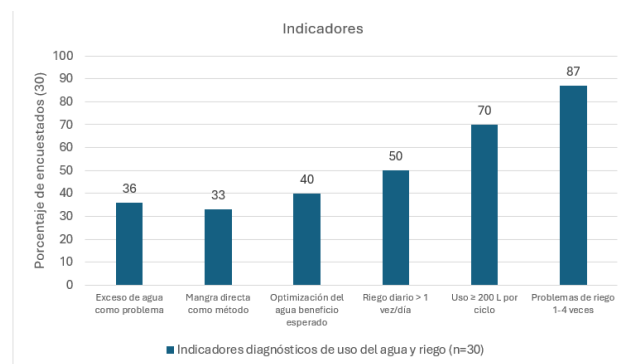


Figura 1. Indicadores de uso del agua y riego derivados de la encuesta.

DISCUSIÓN

El comportamiento funcional es consistente con trabajos recientes: sistemas con sensores de humedad y control automático han mostrado mejoras sustanciales en el uso de agua [1], y redes de sensores o sistemas de apoyo a la decisión han reportado ahorros de hasta 50% [2]. Un sistema IoT publicado en 2025 informó una reducción de 30% manteniendo humedad óptima [3].

J48 ofrece la ventaja de producir reglas interpretables e implementables en un microcontrolador. Para demostrar desempeño predictivo deben reportarse número de instancias, variables, estrategia de validación, matriz de confusión y métricas como exactitud, precisión, sensibilidad y F1. También es necesario documentar calibración de sensores, caudal real de microaspersores y réplicas bajo distintas condiciones. La encuesta identifica una necesidad compatible con la solución, pero no constituye evidencia del ahorro producido por el sistema.

CONCLUSIONES

El prototipo integró satisfactoriamente monitoreo multisensor, selección de cultivo, reglas J48 y control automático de bombeo. Se reporta menor consumo de agua frente al riego manual y control adecuado de la humedad, por lo que existe evidencia funcional preliminar. No obstante, la ausencia de valores primarios de consumo y métricas del clasificador impide cuantificar ahorro o superioridad estadística. Se recomienda registrar ciclos de riego con litros por método, calibrar sensores, validar J48 y aplicar análisis estadístico comparativo.

REFERENCIAS

- [1] I. O. Oladipo and P. O. Ajewole, "A Smart Irrigation Water Application System Based on Arduino Platform," *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*, vol. 11, no. 2, pp. 132–140, 2024, doi: 10.9734/ajahr/2024/v11i2320.
- [2] "Design and validation of a soil moisture-based wireless sensors network for the smart irrigation of a pear orchard," *Agricultural Water Management*, vol. 305, 109138, 2024, doi: 10.1016/j.agwat.2024.109138.
- [3] "Smart agriculture using IoT for automated irrigation, water and energy efficiency," *Smart Agricultural Technology*, vol. 12, 101081, 2025, doi: 10.1016/j.atech.2025.101081.
- [4] "The Outcomes of Smart Irrigation System using Machine Learning to minimize water usage within the Agriculture Sector," *Procedia Computer Science*, vol. 237, pp. 525–532, 2024, doi: 10.1016/j.procs.2024.05.136.

Diseño y evaluación preliminar de una Pillbox inteligente para monitoreo de la adherencia a medicamentos

Gabriela Carolina Peña Balderas

Fecha de recepción: 07 septiembre 2026

Fecha de aceptación: 17 septiembre 2026

RESUMEN

Se diseñó e implementó una Pillbox inteligente con hardware y software para registrar medicamentos, horarios y dosis, generar recordatorios y facilitar el seguimiento. Se realizó un estudio cuantitativo con evaluación preliminar mediante encuesta a 30 personas. El prototipo incorporó historial de tomas, validación de datos e interfaz de usuario. El 70% reportó olvido moderado o frecuente de horarios; 87% identificó el olvido como principal barrera; 80% señaló interrupción media o frecuente del tratamiento; 57% mostró alta confianza en la tecnología y 77% estimó una mejora organizativa de 67–100%. El 70% aceptaría un precio de 500–1200 MXN. Los datos muestran necesidad percibida y aceptación, pero no prueban incremento clínico de adherencia porque la muestra no estuvo restringida a pacientes crónicos ni se aplicó una medición pre-post validada.

PALABRAS CLAVE

Pillbox inteligente; adherencia terapéutica; Arduino; salud digital; monitoreo de medicamentos; enfermedades crónicas.

ABSTRACT

A smart pillbox was designed and implemented to record medications, schedules and doses, generate reminders, and support treatment monitoring. A quantitative preliminary evaluation included a survey of 30 participants. The prototype incorporated medication history, data validation and a user interface. Seventy percent reported moderate or frequent forgetting; 87% identified forgetfulness as the main barrier; 80% reported medium or frequent treatment interruption; 57% expressed high confidence in technology and 77% estimated a 67–100% improvement in medication organization. Seventy percent would pay 500–1200 MXN. Results indicate perceived need and acceptance, but not clinical improvement in adherence because the sample was not restricted to chronic-disease patients and no validated pre-post measure was used.

KEYWORDS

Smart pillbox; medication adherence; Arduino; digital health; medication monitoring; chronic disease.

INTRODUCCIÓN

Los dispositivos digitales de adherencia registran eventos, emiten recordatorios y facilitan seguimiento, pero su efecto clínico es variable. Revisiones recientes reportan beneficios en algunos estudios y ausencia de efecto en otros [1]-[3]. Por ello, este trabajo se centró en desarrollar una Pillbox de bajo costo y explorar necesidades y aceptación de usuarios en la zona sur de Tamaulipas.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

La encuesta fue de participación voluntaria y se reporta de forma agregada. El prototipo no administra ni modifica tratamientos médicos y no sustituye la indicación profesional. Para una futura evaluación clínica deberán considerarse consentimiento informado, protección de datos de salud y revisión por un comité de ética.

METODOLOGÍA

Se desarrolló un sistema de hardware y software para registrar medicamentos, horarios y dosis, sincronizar información y generar recordatorios. La evaluación preliminar utilizó una encuesta de 10 preguntas aplicada a 30 personas. Aunque la población objetivo original fueron personas con enfermedades crónicas, la encuesta final se aplicó sin restricción de condición médica. Por ello, el análisis se limita a hábitos, barreras percibidas y aceptación tecnológica, expresados mediante frecuencias y porcentajes.

RESULTADOS

El dispositivo permitió registrar el régimen terapéutico, validar datos y generar un historial de tomas. En la encuesta, 50% dependía de la memoria para recordar una dosis y 30% utilizaba alarmas. El olvido fue la principal barrera para 26 de 30 participantes y 24 de 30 reportaron interrupción media o frecuente. La confianza tecnológica y la disposición de pago sugieren aceptación potencial.

Indicador	Categoría resumida	Resultado
Olvido de horario	Moderado o frecuente	21/30 (70%)
Principal barrera	Olvido	26/30 (87%)
Interrupción de tratamiento	Media o siempre	24/30 (80%)
Confianza en tecnología	Alta	17/30 (57%)
Mejora organizativa estimada	67–100%	23/30 (77%)
Precio aceptable	500–1200 MXN	21/30 (70%)

Tabla 1. Indicadores seleccionados de la encuesta de aceptación y adherencia percibida (n=30).

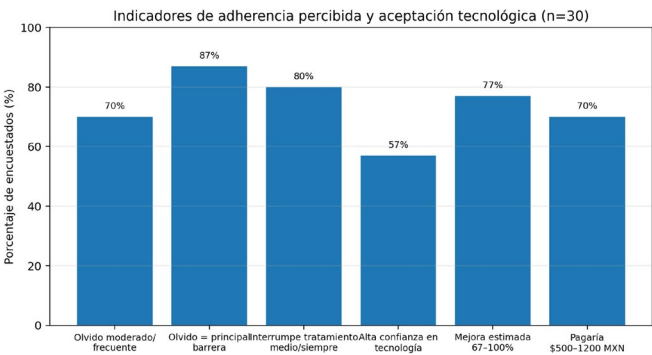


Figura 1. Indicadores de adherencia percibida y aceptación tecnológica.

DISCUSIÓN

El predominio del olvido como barrera apoya la pertinencia de recordatorios y registro automatizado. Sin embargo, la evidencia internacional es heterogénea: revisiones recientes informan beneficios en algunos estudios y ausencia de efecto en otros [1], [2]. Un estudio piloto de 2025 mostró alta satisfacción y mayor autoeficacia, pero no un aumento sostenido de adherencia [4]. La aceptación tecnológica, por sí sola, no equivale a eficacia clínica.

La principal limitación es la discordancia entre la población definida y la muestra efectivamente encuestada. Solo 10% declaró consumir medicamentos por enfermedad crónica; por ello, los datos no permiten probar la hipótesis de aumento de adherencia en pacientes crónicos. Tampoco se aplicó una escala validada, medición basal y posterior, grupo comparador ni verificación objetiva de ingesta. El registro de apertura debe interpretarse como indicador indirecto [3].

La contribución tecnológica radica en integrar registro, recordatorio, historial e interfaz en una plataforma accesible. Una siguiente fase debe evaluar pacientes crónicos durante 8–12 semanas con medidas pre-post validadas, verificación de eventos del dispositivo, usabilidad y seguridad de datos.

CONCLUSIONES

La Pillbox desarrollada mostró viabilidad tecnológica preliminar para registrar y organizar medicamentos y apoyar recordatorios. La encuesta identificó olvido e interrupción frecuentes y aceptación favorable de la tecnología. Estos resultados reflejan necesidad y percepción, no eficacia clínica. Para demostrar incremento de adherencia se requiere un estudio prospectivo en pacientes crónicos con instrumentos validados y comparación objetiva pre-post o con grupo control.

REFERENCIAS

- [1] “AI-Enabled or Digitally Augmented Adherence Systems for Chronic Care: Smart Pillboxes and Personalized Medication Reminders,” systematic review, 2026.
- [2] N. K. Choudhry et al., “Effect of Reminder Devices on Medication Adherence: The REMIND Randomized Clinical Trial,” *JAMA Internal Medicine*, vol. 177, no. 5, pp. 624–631, 2017.
- [3] “The performance of digital technologies for measuring tuberculosis medication adherence: a systematic review,” *BMJ Global Health*, 2024, PMID: 39013639.
- [4] K.-Y. Wen et al., “A smart pill bottle and text messaging intervention for promoting medication adherence in patients with chronic myeloid leukemia: a pilot study of txt4 TKI,” *Supportive Care in Cancer*, vol. 33, art. 498, 2025, doi: 10.1007/s00520-025-09537-z.
- [5] L. Gargioni, D. Fogli and P. Baroni, “A Systematic Review on Pill and Medication Dispensers from a Human-Centered Perspective,” *Journal of Healthcare Informatics Research*, vol. 8, pp. 244–285, 2024, doi: 10.1007/s41666-024-00161-w.

Detección de protozoarios de importancia sanitaria en ostión americano (*Crassostrea virginica*) de la laguna costera de Pueblo Viejo, Veracruz

Juan Ramón Rodríguez Zavala

Fecha de recepción: 07 septiembre 2026

Fecha de aceptación: 17 septiembre 2026

RESUMEN

Los moluscos bivalvos pueden concentrar microorganismos presentes en el agua por su alimentación filtradora. El objetivo fue investigar la presencia de *Entamoeba* spp. y otros protozoarios en ostión americano (*Crassostrea virginica*) procedente de la laguna costera de Pueblo Viejo, Veracruz. Se analizaron 99 ostiones obtenidos mediante muestreo por conveniencia en siete jornadas entre mayo y agosto. Los tejidos y el líquido intervalvar se procesaron mediante flotación con sulfato de zinc (técnica de Faust), observación microscópica con yodo-Lugol y, ante hallazgos compatibles con coccidios, tinción de Ziehl-Neelsen. Treinta y seis de 99 muestras (36.4%) presentaron estructuras parasitarias; no se observaron formas compatibles con *Entamoeba* spp. En cambio, se identificaron estructuras morfológicamente compatibles con ooquistes de *Cryptosporidium* spp., observadas con Lugol y posteriormente con tinción ácido-alcohol resistente. Durante el estudio se modificaron pasos del procedimiento: se eliminó progresivamente el filtrado con gasa, se redujeron los lavados y se aumentó la densidad de la solución de sulfato de zinc para mejorar la recuperación microscópica. Los hallazgos apoyan la utilidad del ostión como organismo centinela de contaminación parasitaria en ambientes costeros, pero la identificación debe considerarse presuntiva mientras no se confirme mediante inmunofluorescencia o métodos moleculares. Se recomienda fortalecer la vigilancia parasitológica de moluscos bivalvos y estandarizar el protocolo analítico.

PALABRAS CLAVE

Crassostrea virginica, *Cryptosporidium*, *Entamoeba*, ostión, parasitología, inocuidad alimentaria.

ABSTRACT

Filter-feeding bivalves can concentrate microorganisms present in surrounding waters. This study investigated *Entamoeba* spp. and other protozoa in eastern oysters (*Crassostrea virginica*) from the Pueblo Viejo coastal lagoon, Veracruz, Mexico. Ninety-nine oysters obtained by convenience sampling during seven sampling events between May and August were examined. Tissues and intervalvar fluid were processed by zinc sulfate flotation (Faust technique), iodine-Lugol microscopy, and, when coccidian-like structures were observed, Ziehl-Neelsen staining. Thirty-six of 99 samples (36.4%) contained parasitic structures. No forms compatible with *Entamoeba* spp. were observed. Instead, structures morphologically compatible with *Cryptosporidium* spp. oocysts were detected and subsequently visualized with acid-fast staining. The analytical procedure was progressively adjusted by eliminating gauze filtration, reducing washing steps, and increasing zinc sulfate density to improve microscopic recovery. Findings support the value of oysters as sentinels of parasitic contamination in coastal environments; however, identification should be considered presumptive until confirmed by immunofluorescence or molecular methods. Standardized parasitological surveillance of bivalve mollusks is recommended.

KEYWORDS

Crassostrea virginica, *Cryptosporidium*, *Entamoeba*, oyster, parasitology, food safety.

INTRODUCCIÓN

El ostión americano (*Crassostrea virginica*) es un recurso pesquero de importancia económica en el Golfo de México. Su alimentación por filtración favorece la concentración de partículas y microorganismos presentes en la columna de agua, característica que permite utilizar a los bivalvos tanto como alimentos de interés sanitario como bioindicadores de contaminación ambiental [1]-[4]. Se ha documentado la presencia de ooquistes de *Cryptosporidium* en ostras, mejillones, almejas y otros moluscos destinados al consumo humano, incluso en productos que cumplen indicadores bacterianos convencionales [1], [2].

La investigación original planteó como objetivo detectar *Entamoeba* spp. en *C. virginica* procedente de la laguna costera de Pueblo Viejo, Veracruz. Sin embargo, el hallazgo principal fue distinto: no se identificaron formas compatibles con *Entamoeba* spp. y se observaron estructuras compatibles con *Cryptosporidium* spp. Esta diferencia entre la hipótesis y el resultado constituye un hallazgo relevante, pero exige cautela taxonómica, ya que la microscopía y la tinción de Ziehl-Neelsen permiten una identificación morfológica presuntiva y no sustituyen la confirmación por inmunofluorescencia, PCR o secuenciación [3]-[5]. El objetivo de este artículo es presentar de forma sintética los resultados parasitológicos, valorar el desempeño operativo del procedimiento y discutir sus implicaciones para la vigilancia sanitaria de moluscos bivalvos.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

El estudio se efectuó con moluscos adquiridos a comerciantes locales y no involucró participantes humanos. El manejo de muestras se realizó en laboratorio con fines académicos. La interpretación se limita a la presencia microscópica de estructuras parasitarias y no atribuye responsabilidad a pescadores, comerciantes o zonas específicas de cultivo. La normativa sanitaria mexicana aplicable a productos de la pesca establece especificaciones de inocuidad; no obstante, el presente trabajo no constituye una certificación oficial del producto.

METODOLOGÍA

Diseño y muestra

Se realizó un estudio descriptivo, observacional y de laboratorio. Se analizaron 99 ostiones *C. virginica* obtenidos por muestreo no probabilístico por conveniencia en el mercado La Puntilla, con referencia

de procedencia de bancos de la laguna de Pueblo Viejo. Se efectuaron siete muestreos semanales entre mayo y agosto. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio procurando conservarlas refrigeradas.

Procesamiento parasitológico

Cada ostión fue abierto preservando el líquido intervalvar. Los tejidos blandos y el líquido se homogeneizaron; cuando fue necesario se añadió solución salina. El concentrado se sometió a centrifugación y flotación con sulfato de zinc. Después se formó un menisco, se colocó un cubreobjetos y se realizó observación con yodo-Lugol a 10× y 40×. Ante estructuras compatibles con ooquistes se aplicó una tinción de Ziehl-Neelsen. Como control exploratorio, en el último muestreo se analizaron también lavados de conchas sin limpieza previa.

Ajustes del procedimiento

El protocolo sufrió modificaciones durante el trabajo: en los primeros muestreos se emplearon dos capas de gasa y dos lavados; posteriormente se redujo a una gasa y finalmente se omitió el filtrado. También se redujo a un lavado y se incrementó la densidad de la solución de sulfato de zinc. Estos cambios mejoraron la visualización, pero impiden comparar directamente todos los muestreos bajo condiciones analíticas idénticas.

RESULTADOS

De 99 ostiones analizados, 36 presentaron estructuras parasitarias, equivalente a una positividad global de 36.4%. Se observaron positivos en los siete muestreos, con un intervalo de tres a siete ostiones positivos por jornada. Los muestreos 1 y 6 registraron tres positivos cada uno y el muestreo 3 presentó siete, mientras que los demás mostraron valores intermedios.

Síntesis de resultados: 99 ostiones analizados; 36 muestras con estructuras parasitarias (36.4%); siete muestreos; *Entamoeba* spp. no detectada; hallazgo alternativo: estructuras morfológicamente compatibles con *Cryptosporidium* spp.; verificación morfológica complementaria mediante Ziehl-Neelsen.

No se observaron quistes o trofozoítos atribuibles a *Entamoeba* spp. En las muestras positivas se encontraron estructuras descritas en la tesis como ooquistes de *Cryptosporidium* spp., visibles con Lugol y mediante Ziehl-Neelsen. Editorialmente, el resultado se expresa como "compatible con *Cryptosporidium* spp." porque no se realizó una técnica específica de confirmación de

género/especie. La literatura demuestra que los bivalvos pueden acumular ooquistes de *Cryptosporidium* y que su detección confiable suele complementarse con inmunofluorescencia o técnicas moleculares [1]-[5].

Los ajustes técnicos tuvieron un efecto aparente sobre la recuperación: 33 muestras positivas se registraron con un solo lavado frente a tres con dos lavados. Asimismo, la omisión del filtrado con gasa se asoció con mayor detección. Estas comparaciones son descriptivas, ya que las modificaciones se introdujeron secuencialmente y no mediante un diseño experimental aleatorizado.

DISCUSIÓN

La positividad de 36.4% para estructuras parasitarias indica exposición de los ostiones a microorganismos presentes en el ambiente acuático. El hallazgo es biológicamente plausible debido a la capacidad filtradora de *C. virginica*. Estudios previos han detectado *Cryptosporidium* en diferentes bivalvos y han señalado que estos organismos pueden funcionar como centinelas de contaminación fecal o como vehículos potenciales de protozoarios cuando se consumen crudos o insuficientemente cocidos [1]-[4].

La ausencia de *Entamoeba* spp. no demuestra su inexistencia en la laguna; únicamente indica que no fue detectada con el esquema de muestreo y las técnicas empleadas. De igual forma, la observación de estructuras ácido-alcohol resistentes no es suficiente para establecer especie, viabilidad o infectividad de *Cryptosporidium*. La literatura metodológica recomienda combinar concentración de tejidos con inmunofluorescencia, separación inmunomagnética y/o PCR para mejorar especificidad y caracterización [3]-[5].

Las modificaciones al método de Faust representan simultáneamente un aprendizaje técnico y una limitación. La reducción de lavados y la eliminación de gasas parecen disminuir la pérdida de estructuras parasitarias; sin embargo, al no mantenerse un protocolo constante, la frecuencia observada entre muestreos puede reflejar tanto variación ambiental como cambios en sensibilidad analítica. Tampoco puede establecerse una relación causal entre precipitación y positividad. Por ello, futuros estudios deben emplear un protocolo fijo, réplicas, controles positivos y negativos, muestreo estacional y confirmación molecular.

Desde la perspectiva sanitaria, el resultado no debe interpretarse como evidencia de que los ostiones comercializados sean responsables de enfermedad. Sí constituye una señal para ampliar la vigilancia de protozoarios en bivalvos de sistemas lagunares. Una revisión reciente de parásitos transmitidos por agua en ambientes ma-

rinós continúa identificando a *Cryptosporidium* entre los protozoarios de interés y destaca la necesidad de mejorar la vigilancia y estandarización diagnóstica [6].

CONCLUSIONES

En 99 ostiones *C. virginica* analizados en siete muestreos, 36 (36.4%) presentaron estructuras parasitarias. No se detectó *Entamoeba* spp., por lo que la hipótesis original no fue confirmada. En cambio, se observaron estructuras morfológicamente compatibles con ooquistes de *Cryptosporidium* spp. La detección fue favorecida aparentemente por un procesamiento con menor número de lavados y sin filtrado con gasa, aunque estas modificaciones requieren validación experimental.

El estudio aporta evidencia preliminar para considerar al ostión americano como organismo centinela en la vigilancia parasitológica de la laguna de Pueblo Viejo. Para confirmar el hallazgo y estimar riesgo sanitario se requieren estudios con mayor tamaño muestral, diseño estacional, protocolo estandarizado y técnicas confirmatorias como inmunofluorescencia y PCR. El aporte principal es abrir una línea local de vigilancia parasitológica de moluscos bivalvos con enfoque de inocuidad alimentaria y salud ambiental.

LIMITACIONES

Muestreo por conveniencia; cambios metodológicos durante la recolección; ausencia de control positivo documentado; identificación basada principalmente en morfología y tinción; falta de confirmación molecular, cuantificación y evaluación de viabilidad. Estas condiciones impiden estimar prevalencia poblacional o riesgo directo para el consumidor.

REFERENCIAS

- [1] F. Freire-Santos et al., "Detection of *Cryptosporidium* oocysts in bivalve molluscs destined for human consumption," *J. Parasitol.*, vol. 86, no. 4, pp. 853-854, 2000.
- [2] H. Gómez-Couso et al., "Contamination of bivalve molluscs by *Cryptosporidium* oocysts: the need for new quality control standards," *Int. J. Food Microbiol.*, vol. 87, pp. 97-105, 2003, doi: 10.1016/S0168-1605(03)00057-6.
- [3] L. J. Robertson, H. Gjerde, E. M. Hansen and E. Stachurska-Hagen, "Tools and methods for detecting and characterizing *Giardia*, *Cryptosporidium*, and *Toxoplasma* parasites in marine mollusks," *J. Food Prot.*, vol. 76, no. 9, pp. 1649-1658, 2013.
- [4] EFSA Panel on Biological Hazards, "Public health risks associated with food-borne parasites," *EFSA J.*, vol. 16, no. 12, 2018.
- [5] W. A. Miller et al., "Evaluation of methods for improved detection of *Cryptosporidium* spp. in mussels," *J. Microbiol. Methods*, vol. 65, no. 3, pp. 367-379, 2006.
- [6] "Waterborne Protozoan Parasite and Thalassogenic Diseases in Marine Environment: Detection Techniques, Indicators and Public Health Implications," *Microorganisms*, vol. 14, no. 1, art. 98, 2026.
- [7] Secretaría de Salud, NOM-242-SSA1-2009, Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba, México.

Instrucciones para autores

La revista **CiencialCEST** solicita la presentación de artículos que reflejen el trabajo directo y específico de sus autores, redactados en tercera persona y de manera clara, accesible y didáctica. Los artículos de investigación deben caracterizarse por su originalidad y adherencia a rigurosos estándares científicos, señalando además el impacto científico, tecnológico o social del estudio realizado. **CiencialCEST** es una publicación periódica y multidisciplinaria editada cuatrimestralmente por el Instituto de Ciencias y Estudios Superiores de Tamaulipas A.C., a través de la Facultad de Ingeniería del campus Tampico 2000, que cuenta con revisión por pares y está dedicada a promover la difusión de conocimientos en diversas áreas de la ingeniería.

Dirigida a instituciones educativas y profesionales, académicos y estudiantes en el área de ingenierías, **CiencialCEST** atiende a quienes buscan profundizar en aspectos teóricos y prácticos de diversas disciplinas ingenieriles. La revista es de acceso abierto y no impone costos de publicación; todos los artículos están disponibles al inicio de cada cuatrimestre para su lectura y descarga bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0), que permite la reproducción, distribución y adaptación del contenido siempre que se cite la fuente y se respeten los derechos de autor. El contenido es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja necesariamente el criterio de los árbitros ni del editor.

En relación a los manuscritos

Los trabajos enviados a la revista **CiencialCEST** pasan inicialmente por una revisión técnica a cargo del editor. Según este dictamen, los artículos serán remitidos a revisión por pares conforme a la temática del estudio. No se aceptarán protocolos de investigación, proyectos, propuestas ni trabajos de carácter especulativo basados exclusivamente en opiniones sin argumentación. Los manuscritos de artículos originales deben cumplir con los siguientes requisitos:

1. Formato general

Todo el documento debe estar en interlineado 1.5, con texto justificado, fuente Arial de 11 puntos, márgenes de al menos 2.5 cm en tamaño car-

ta y páginas numeradas. El título principal debe ir en Arial 12 en negrita. Los subtítulos del formato deben estar en Arial 11 en negrita y mayúsculas.

2. Estructura del envío

Para evaluación, el manuscrito debe enviarse en formato Word con tres documentos independientes: primera página, manuscrito anónimo y archivo de tablas y figuras.

3. Primera página

La primera página debe contener el título principal del manuscrito en español o inglés, el nombre completo de todos los autores con su identificador ORCID cuando esté disponible, el DOI del artículo (**CiencialCEST** realiza el proceso de asignación), y la información de contacto del autor responsable: correo electrónico institucional, dirección completa y teléfono. Se debe incluir también una semblanza profesional en formato libre para cada autor, con un máximo de 100 palabras por autor.

4. Manuscrito anónimo

En el texto principal anónimo y en los archivos de tablas y figuras, los autores deben evitar cualquier información que los identifique, como nombres o datos institucionales en el título, resumen, metodología o instrumentos. El nombre del archivo y los encabezados o pies de página deben estar libres de identificadores personales o institucionales.

El manuscrito anónimo debe incluir un resumen en español y otro en inglés, con un máximo de 300 palabras cada uno, donde se establezca de manera clara el objetivo de la investigación, la metodología empleada, los principales resultados y la conclusión. Al final de cada resumen se deben agregar hasta 10 palabras clave en el idioma correspondiente.

El texto principal debe organizarse en las siguientes secciones en este orden: resumen, palabras clave, abstract, keywords, introducción, consideraciones éticas, metodología, resultados, conclusiones y referencias.

5. Consideraciones éticas

Al cierre de la sección de introducción se debe incluir un apartado de consideraciones éticas con

un máximo de 150 palabras, que especifique los aspectos éticos aplicados en la investigación. Este apartado debe incluir detalles sobre la obtención del consentimiento informado, la participación voluntaria de los involucrados, la protección de datos personales conforme a la normativa aplicable, y cualquier aprobación institucional relevante. Este apartado es obligatorio y fundamental para garantizar el cumplimiento de los principios éticos en estudios de ingeniería.

6. Metodología y resultados

Se recomienda que el aporte científico de la investigación sea expuesto de manera clara y concisa, destacando su relevancia en el área de estudio. La metodología empleada debe describirse con precisión y transparencia, permitiendo la replicabilidad y validación de los resultados. Cada artículo debe incluir un mínimo de dos tablas en la sección de metodología y dos tablas en la sección de resultados. Se recomienda complementar con diagramas, figuras o imágenes del prototipo cuando el trabajo lo permita.

7. Citas y referencias – Formato IEEE

CienciaICEST adopta el estilo IEEE, ampliamente utilizado en ingeniería y tecnología. Las citas deben numerarse secuencialmente según su aparición en el texto, usando números entre corchetes, por ejemplo [1], con cada número referido en una lista de referencias al final del artículo. Se recomienda incluir entre 10 y 15 referencias por artículo, priorizando artículos de revistas indexadas con DOI, libros académicos de editoriales reconocidas y documentos técnicos oficiales. Es responsabilidad del autor aplicar correctamente este formato en el manuscrito.

8. Tablas y figuras

Las tablas deben estar en fuente Arial 11, sin negritas, con formato de cuadrícula, alineación vertical y espaciado de 1.5. El título de cada tabla debe colocarse debajo de la misma en Arial 9 con negritas. Las imágenes deben tener resolución mínima de 300 dpi con etiqueta descriptiva. Todas las tablas y figuras deben entregarse en un archivo Word editable separado del manuscrito anónimo, agrupadas en un único documento. En el texto del manuscrito se debe indicar el lugar de inserción con la leyenda: [Insertar Tabla X aquí] o [Insertar Figura X aquí].

9. Declaración de uso de inteligencia artificial

Los autores deben declarar explícitamente en el manuscrito si utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa durante la redacción o el procesamiento de datos. Esta declaración debe indicar la herramienta empleada, la sección del manuscrito en que fue utilizada y la naturaleza del uso. El contenido técnico, los datos experimenta-

les y las conclusiones son responsabilidad exclusiva de los autores.

10. Declaración de conflicto de intereses

Todos los autores deben declarar la ausencia o existencia de conflictos de intereses relacionados con el trabajo enviado. Esta declaración debe incluirse en la primera página del manuscrito.

11. Carta de originalidad y cesión de derechos

Se debe incluir un documento firmado por todos los autores en el que declaren su aceptación para ceder los derechos del manuscrito a la revista y confirmen que el trabajo es original, no está publicado y no se encuentra en proceso de revisión en otra publicación.

12. Autores y envío

Cada artículo podrá incluir hasta 6 autores. Los manuscritos que no cumplan con el formato requerido serán devueltos a los autores para corrección y reenvío antes de ingresar al proceso de revisión. Tras completar el proceso editorial, incluyendo la revisión por pares, los manuscritos aceptados se ajustarán al formato de la revista y serán enviados al autor correspondiente para la aprobación de la versión final.

Los envíos deben dirigirse al editor, Lic. Isaías Ramos Luna, M. E. , al correo: editor_cienciasicest@icest.edu.mx



CIENCIAICEST

Instituto de Ciencias y Estudios Superiores de Tamaulipas, A. C.