



**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO DE VERAGUAS
EXTENSIÓN UNIVERSITARIA DE SONÁ**

ISSN L 2953 2981

REA: REVISTA CIENTÍFICA ESPECIALIZADA EN EDUCACIÓN Y AMBIENTE

**Nov. 2025 – Abr. 2026
Vol. 4, Núm. 2**

latindex  **Dialnet**
catálogo 





**REA: REVISTA CIENTÍFICA
ESPECIALIZADA EN
EDUCACIÓN Y AMBIENTE**

Vol. 4, No. 2

ISSN L 2953-2981

Publicación semestral

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de
Veraguas, Extensión Universitaria de Soná

rea_upexus@up.ac.pa

Tel. 523-3954/3952/3951

Autoridades

Autoridades de la Universidad de Panamá

Dr. Eduardo Flores Castro
Rector

Dr. José Emilio Moreno
Vicerrector Académico

Dr. Jaime Javier Gutiérrez
Vicerrector de Investigación y Postgrado

Magíster Arnoldo Muñoz
Vicerrector Administrativo

Magíster Mayanín de Rodríguez
Vicerrectora de Asuntos Estudiantiles

Magíster Ricardo Him
Vicerrector de Extensión

Magíster José Luis Solís
Director General de Centros Regionales Universitarios y Extensiones Docentes

Magíster Ricardo A. Parker D.
Secretaria General

Autoridades del Centro Regional Universitario de Veraguas

Magíster Pedro A. Samaniego S.
Director

Magíster Dora E. Camaño P.
Subdirectora

Dra. Martina Him C.
Secretaria Administrativa

Magíster Camila Lizbeth Cisneros Ábrego
Directora de la Extensión Universitaria de Soná

Equipo Editorial

Director.

Dr. Edgar Medina

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas
Administración de Empresas y Contabilidad.

Correo: eedgar.medina@up.ac.pa

Asesores.

Dr. Francisco Farnum

Universidad de Panamá.

Correo: francisco.farnum@up.ac.pa

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5879-2296>

Dr. Mónica Contreras

Universidad de Panamá.

Correo: monica.contreras@up.ac.pa

Orcid: <http://orcid.org/0000-0003-0972-6951>

Editor Ejecutivo.

Dr. Pablo Díaz

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Extensión
Universitaria de Soná, Panamá.

Ciencias de la Educación.

Correo: pablo.diaz@up.ac.pa

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5507-2090>

Comité Editorial.

Magíster Camila Lizbeth Cisneros Abrego

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Extensión
Universitaria de Soná, Panamá.

Administración de Empresas y Contabilidad.

Correo: camila.cisneros@up.ac.pa

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5767-2690>

Magíster Lorenzo Caballero Vigil

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Extensión
Universitaria de Soná, Panamá.

Ciencias Naturales Exactas y Tecnología.

Correo: lorenzo.caballero@up.ac.pa

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0758-7038>

Magíster Yireika del Carmen Reyes Delgado

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Extensión
Universitaria de Soná.

Humanidades.

Correo: yireika.reyes@up.ac.pa

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0114-9029>

Dra. Melitza Anany Tristán Mojica

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Extensión
Universitaria de Soná.

Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología.

Correo: melitza.tristan@up.ac.pa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0605-2226>

Magíster Gloris Batista Mendoza de Cedeño

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Extensión
Universitaria de Soná, Panamá.

Informática, Electrónica y Comunicación.

Correo: gloria.batista@up.a.pa

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3294-6170>

Magíster Johanna Castillo Mendoza.

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Extensión
Universitaria de Soná, Panamá.

Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología.

Correo: johana-e.castillo@up.ac.pa

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4911-9507>

Magíster Aurora Inés Reyes Cerrud

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Extensión
Universitaria de Soná, Panamá.

Humanidades.

Correo: aurora.reyes@up.ac.pa

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-0948-9773>

Dr. Alí Javier Suárez-Brito

Universidad de Zulia, Venezuela.

Correo: suarezalijavier@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9680-3443>

Dra. René Ileana Vásquez Pompeyo

Universidad Internacional Iberoamericana (Unini) Tecnológico Nacional de México
(TecNM).

Correo: renovp@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9367-4861>

Dra. María de Jesús Torres Góngora

Instituto Tecnológico de Tijuana, México

Correo: marychuy24@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0513-3198>

Dr. Juan Luis Noguera Matos

Universidad de Granma, Cuba.

Correo: nogueramatosjl@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4257-5884>

Dra. Inés Salcedo Estrada.

Universidad de Matanzas, Cuba.

Correo: isalcedo2550@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3188-6687>

Dra. Analinnette Lebrija.

Universidad Especializada de las Américas. Panamá.

Correo: analinnette.lebrija@udelas.ac.pa

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4958-4380>

Magíster Florencia Elida Valdés Armuelles.

Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Veraguas. Extensión
Universitaria de Soná, Panamá.

Humanidades

Correo: electrónico: florencia.valdes@up.ac.pa

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0780-2367>

Magíster Aracelis González Johnson.

Universidad de Panamá, Facultad de Humanidades, Departamento de Inglés

Correo: aracelis.gonzalezj@up.ac.pa

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8256-1236>

Magíster Itzel Vianeth Gilbert Morales

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Extensión
Universitaria de Soná, Panamá

Ciencias de la Educación

Correo: itzel.gilbert@up.ac.pa

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-7929-2722>

Magíster Paulina Otero Batista

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Extensión
Universitaria de Soná, Panamá

Humanidades

Correo: paulina.otero@up.ac.pa

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002>

Magíster Enilma del Carmen Mojica Ramos

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Extensión
Universitaria de Soná, Panamá.

Ciencias de la Educación.

Correo: enilma.mojica@up.ac.pa

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1207-458X>

Magíster Abundio Mendoza

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Extensión
Universitaria de Soná, Panamá.

Ciencias de la Educación.

Correo: abundio.mendoza@up.ac.pa

Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-3394-0530>

Magíster Maribel Wang

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas, Extensión
Universitaria de Soná, Panamá.

Economía

Correo: maribel.wang@up.ac.pa

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7863-7771>

Magíster Luz Mariela Saavedra

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Veraguas.
Administración de Empresas y Contabilidad.

Correo: lmariel3179@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0404-6626>

Nota Editorial

Con agrado presentamos a la comunidad académica el volumen 4, número 2 de noviembre de 2025 a abril de 2026 el cual reúne seis publicaciones científicas que abordan, diversas perspectivas, problemáticas relevantes y actuales en el ámbito educativo y ambiental. Entre los trabajos incluidos, destaca el estudio desarrollado por **Villalaz, Ruiz y Calderón** enfocan la investigación en la actividad alimenticia del Changamé (*Quiscalus mexicanus*) en la Feria Internacional de Azuero (FIA) ubicada en el distrito de los Santos, república de Panamá; analizaron cómo estos residuos y la diversidad de flora impactan la alimentación y comportamiento de la ave, buscando entender su relación con el entorno urbano creado por la feria. Realizaron diez muestreos utilizando binoculares y cámara fotográfica. Y los resultados indicaron que el Changamé se alimenta de restos de comida e insectos, destacando su adaptación a este ecosistema urbano.

También, **Calderón, Pinto y Camarena** analizan los tipos de desechos orgánicos e inorgánicos presentes en la quebrada La Ermita de la ciudad de Las Tablas, república de Panamá determinando su impacto en la calidad del agua y evaluando el grado de contaminación asociado a estos residuos. Mediante un diseño no experimental transversal, se muestrearon algunos puntos, clasificando residuos sólidos y realizando análisis microbiológicos de coliformes. Los resultados revelaron una predominancia de desechos inorgánicos, bolsas plásticas, latas de aluminio y botellas plásticas. Además, se registraron coliformes fecales, especialmente después de los carnavales. Esta contaminación se atribuye al arrastre superficial de residuos y agua de actividades masivas, por lo que la quebrada La Ermita no escapa de ello.

Por su parte, **Martínez** presenta un análisis sobre el papel de la astronomía como herramienta didáctica en la enseñanza de la física, su impacto en el interés estudiantil, el desarrollo del pensamiento crítico y la comprensión de conceptos fundamentales. Para ello, se consultaron bases de datos académicas que identificó estudios relevantes que propusieran metodologías o experiencias educativas centradas en la integración de la astronomía en la enseñanza de la física. Los resultados evidencian que la incorporación de contenidos astronómicos en el currículo de física tiene un alto potencial para enriquecer el aprendizaje, aumentar la motivación y transformar las prácticas pedagógicas en las ciencias.

Arrocha, Camarena y Atencio sustentan en su estudio que la inadecuada gestión de residuos sólidos urbanos constituye una amenaza crítica para la salud pública y el ambiente, especialmente en comunidades vulnerables. Por lo que analizan los impactos socioambientales del vertedero a cielo abierto del distrito de Pesé, provincia de Herrera, Panamá, mediante un enfoque cuantitativo. Los resultados evidenciaron altos niveles de exposición a contaminantes por la quema frecuente de residuos, afectaciones respiratorias, presencia de vectores, y una gestión institucional deficiente. El vertedero representa un riesgo para la salud y el ambiente por lo que apoyan su cierre o traslado.

La investigación de **Rodríguez-Bustamante y Cardona** busca mapear la producción científica relacionada con las relaciones escuela-familia mediante un análisis cienciométrico siguiendo la metodología PRISMA para revisiones sistemáticas. Además, se aplica el algoritmo Árbol de la Ciencia (ToS) para clasificar la literatura en áreas de investigación fundamentales, estructurales y emergentes. Los resultados destacan la naturaleza interdisciplinaria del tema, con contribuciones que abarcan la educación, la psicología y la sociología.

Y el de **Thigpen III** que, a través de un estudio de caso de un currículo bilingüe sobre manglares, demuestra que comunidades de distintos grupos lingüísticos reconocen de manera independiente conocimientos ecológicos comunes, lo que respalda la existencia de constantes bioculturales. Destaca que el conocimiento ecológico hibridado, transmitido en la lengua materna, fortalece el compromiso ambiental, promueve la colaboración intercultural y mejora la resiliencia comunitaria. Reconocer e integrar perspectivas ecológicas diversas mediante la hibridación ofrece un camino hacia estrategias ambientales más inclusivas, adaptativas y sostenibles.

Dr. Pablo Díaz

Editor de REA: Revista Científica Especializada en Educación y Ambiente.

Tabla de Contenido

Actividad alimenticia del Changamé (<i>Quiscalus Mexicanus</i>) en ecosistema urbano. <i>Feeding activity of the Changame (Quiscalus Mexicanus) in urban ecosystem</i> Por: Félix Hermenegildo Camarena Quiroz, Virgilio Antonio Villalaz Villalaz, Nadiezhda Ruiz y Ricardo Adelbar Calderón Rodríguez	12
Caracterización de los desechos en la quebrada La Ermita y su impacto en contaminación. <i>Characterization of the waste in the La Ermita creek and its impact on pollution</i> Por: Ricardo Adelbar Calderón Rodríguez, Miguel Ángel Pinto Mendoza y Félix Hermenegildo Camarena Quiroz	29
La Astronomía como Recurso Didáctico en la Enseñanza de la Física: Revisión de la Literatura Académica. <i>Astronomy as a Didactic Resource in Physics Education: A Review of the Academic Literature</i> Por: Adam's Martínez Soto	46
Diagnóstico del vertedero a cielo abierto del municipio de Pesé, provincia de Herrera, República de Panamá. <i>Diagnosis of the open-air landfill in the municipality of Pese, Province of Herrera, Republic of Panama</i> Por: Diego Andrés Arrocha Saavedra, Félix Hermenegildo Camarena Quiroz y Luis Alberto Atencio Pérez	63
Systematic review of the school-family relationship: Perspectives and trends <i>Revisión sistemática de la relación escuela-familia: Perspectivas y tendencias</i> Por: Alexander Rodríguez-Bustamante y Luis Fernando Cardona Palacio	79
The Hybridization Hypothesis of Ecological Knowledge Systems <i>Hipótesis de Hibridación de los Sistemas de Conocimiento Ecológico.</i> Por: Robert C. Thigpen III	111

Actividad alimenticia del Changamé (*Quiscalus Mexicanus*) en ecosistema urbano

*Feeding activity of the Changame (*Quiscalus Mexicanus*) in urban ecosystem*

Félix Hermenegildo Camarena Quiroz

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Panamá

felix.camarena@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0002-5601-3252>

Virgilio Antonio Villalaz Villalaz

Universidad de Panamá, Panamá

virgilio.05vd@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0692-1420>

Nadiezhdha Ruiz

Ministerio de Salud, Panamá

nadiezhdha.ruiz@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6477-4561>

Ricardo Adelbar Calderón Rodríguez

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Panamá

ricardo.calderon@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0002-7289-9479>

Recibido: 06/06/2025

Aprobado: 03/11/2025

Doi: <https://doi.org/10.48204/rea.v4n2.8833>

Resumen

La investigación se enfoca en la actividad alimenticia del Changamé (*Quiscalus mexicanus*) en la Feria Internacional de Azuero (FIA) ubicada en el distrito de Los Santos, república de Panamá; un evento que atrae a miles de visitantes y genera abundantes desechos. Se analiza cómo estos residuos y la diversidad de flora impactan la alimentación y comportamiento del Changamé, buscando entender su relación con el entorno urbano creado por la feria. Los objetivos incluyen identificar las fuentes de alimento más comunes, evaluar la influencia de las actividades feriales en la disponibilidad de alimentos y determinar el impacto del entorno urbano en su comportamiento. Se realizaron diez muestreos, dos por mes, para observar la actividad alimenticia del Changamé en la Feria Internacional de Azuero, utilizando binoculares y cámara fotográfica. Los resultados indican que el Changamé se alimenta principalmente de restos de comida y de insectos, destacando su adaptación a este ecosistema urbano.

Palabras clave: Bosque urbano, desecho alimenticio, parche boscoso, refugio.

Abstract

The research focuses on the feeding activity of the Changamé (*Quiscalus mexicanus*) at the Azuero International Fair (FIA) located in the district of Los Santos, Republic of Panama; an event that attracts thousands of visitors and generates abundant waste. It analyzes how this waste and the diversity of flora impact the feeding and behavior of the Changamé, seeking to understand its relationship with the urban environment created by the fair. The objectives include identifying the most common food sources, assessing the influence of trade fair activities on food availability and determining the impact of the urban environment on their behaviour. Ten samplings were carried out, two per month, to observe the feeding activity of the Changamé at the Azuero International Fair, using binoculars and a camera. The results indicate that the Changamé feeds mainly on food scraps and insects, highlighting its adaptation to this urban ecosystem.

Keywords: Urban forest, food waste, wooded patch, shelter.

Introducción

Las aves constituyen un grupo taxonómico extraordinariamente diverso y adaptable, ocupando roles ecológicos fundamentales en una vasta gama de ecosistemas a nivel global. Su importancia trasciende la mera presencia, ya que actúan como controladores biológicos, ayudando a eliminar organismos que podrían ser perjudiciales. Además, desempeñan funciones cruciales en la dispersión de semillas y la polinización, contribuyendo directamente a la dinámica y salud de las comunidades vegetales. En última instancia, las aves son un componente integral del equilibrio ecológico, cuyo bienestar es indicativo de la salud ambiental general (Sepúlveda *et al.*, 1997).

Sin embargo, la creciente perturbación humana, manifestada a través de la urbanización y la alteración de hábitats, ejerce impactos desiguales sobre las diversas especies de aves. La capacidad de una especie para tolerar y adaptarse a estos cambios antropogénicos está estrechamente ligada a sus características intrínsecas, tales como la especificidad de su hábitat, sus tasas de reproducción, el tamaño de su territorio y, crucialmente, su capacidad de adaptación. Este contexto es fundamental para comprender la supervivencia y proliferación de especies como el *Quiscalus mexicanus* en entornos modificados por el ser humano. (Grabrucker & Grabrucker, 2010).

El *Quiscalus mexicanus*, conocido comúnmente como chángame, es un ave de tamaño mediano, con características morfológicas distintivas: pico y patas de color negro. Presenta un marcado dimorfismo sexual; el macho es más grande, midiendo aproximadamente 31 cm de largo, mientras que la hembra alcanza unos 25 cm. La coloración del macho adulto es notable por su plumaje completamente negro con un brillo iridiscente que varía en tonalidades: violeta en el vientre y la cola, verde-violeta en la cabeza, espalda y pecho, y azul-verde en la mayor parte del ala. Esta descripción física, según Bendaña, (2019) es clave para su identificación en el campo.

Una característica sobresaliente del *Quiscalus mexicanus* es su patrón alimentario generalista y oportunista. Esta flexibilidad dietética, sumada a su alta adaptabilidad y tolerancia a las condiciones urbanas, ha sido un factor determinante en su amplia dispersión. Los cambios antropogénicos que han modificado el ambiente en las últimas décadas han favorecido

significativamente la expansión de esta especie, permitiéndole explotar nuevos nichos en entornos urbanizados. Gurrola *et al.*, (2009) refuerzan esta idea al destacar la notable capacidad de adaptación del chángame a los ambientes transformados por la actividad humana.

En un estudio realizado por Rodrigo *et al.*, (2021) del *Quiscalus mexicanus* determinaron que el ave aprovecha con eficiencia los ambientes urbanos. Observaron durante 25 días a un grupo de estas aves en un área urbana con basura. Se registró el forrajeo, número de individuos, comportamientos agresivos y su relación con la presencia del camión de basura. Había más *Quiscalus* en forrajeo cuando el camión estaba presente, con una distribución normal diaria; en su ausencia, la actividad era más variable. Las interacciones fueron principalmente entre dos individuos, llegándose a registrar hasta ocho juntos. Las agresiones aumentaron sin el camión. Un sujeto mostró menos agresividad, apoyando teorías productor-explotador. El éxito en la ciudad depende de la conducta social y de los recursos provenientes de la basura.

En una investigación llevada a cabo por Cupul-Magaña *et al.*, (2017) en donde presentaron fotografías que muestran al *Quiscalus mexicanus* en donde se alimenta de lagartos nariz negra (*Sceloporus melanorhinus*) e iguanas verdes (*Iguana iguana*), además de comer huevos de su propia especie, en un entorno urbano de Puerto Vallarta, México. Durante el siglo XX, el *Quiscalus mexicanus* expandió su distribución hacia el norte significativamente, impulsado por cambios en el ambiente causados por humanos. En el ámbito extremo del Valle de la Muerte, se documentó un comportamiento poco común: estas aves recogían insectos muertos de placas de vehículos, una estrategia alimentaria importante para ellos (Grabruker & Grabruker, 2010). Estos hallazgos podrían servir como base para futuras investigaciones sobre las estrategias alimenticias de esta ave ampliamente distribuida.

Los parques urbanos representan hábitats significativos para las aves, ya que generalmente ofrecen una importante cobertura arbórea y una constante disponibilidad de agua y alimentos, que pueden incluir frutos, basura y recursos proporcionados por alimentadores de aves (Pineda *et al.*, 2013). Según Ralph *et al.*, (1997) los estudios de aves, debe estimar parámetros demográficos de al menos algunas de las poblaciones de esas especies. Y, por último, debe proporcionar información sobre el hábitat, para poder comparar la variación de las poblaciones con el entorno.

Los bosques urbanos y las áreas regeneradas, como las que se encuentran en los terrenos de la Feria Internacional de Azuero, son utilizados por diversas especies de aves, especialmente las urbanas, ya que les proveen alimentos, refugio y lugares de descanso (Camarena et al., 2020). La variedad de plantas, su floración y producción de frutos en esta área de la provincia de Los Santos, contribuyen a la capacidad de las aves para alimentarse, refugiarse y reproducirse (Camarena et al., 2020).

En este sentido, la presente investigación se enfocó en la actividad alimenticia del chángame (*Quiscalus mexicanus*) en los terrenos de la Feria Internacional de Azuero (FIA), ubicada en el distrito de Los Santos, República de Panamá. La FIA es un evento de gran envergadura que atrae a miles de visitantes y genera una considerable cantidad de desechos (Camarena et al., 2020), creando un entorno urbano particular. Este estudio buscó analizar cómo estos residuos y la diversidad de la flora presente en la feria impactan la alimentación y el comportamiento del Chángame.

Materiales y métodos

Ubicación: El estudio se realizó en un parque urbano localizado en los terrenos de la Feria Internacional de Azuero ubicada a $07^{\circ} 55.909' N$, $-80^{\circ} 24.648' E$, con un área de: $172.804,86 m^2$, corregimiento de La Villa de Los Santos, distrito de Los Santos, provincia de Los Santos (Figura 1).

Figura 1.

Ubicación del área de estudio (Terrenos de la Feria Internacional de Azuero).



Fuente: Extraído de Google Earth. Escala: 300 m.

Especies Vegetales presentes en el bosque urbano (Feria Internacional de Azuero): En el bosque urbano que se localiza en los terrenos de la Feria Internacional de Azuero se pueden encontrar unas 33 especies de plantas correspondientes a 20 familias, siendo Fabaceae, Meliaceae, Anacardiaceae, Malvaceae, Lamiaceae, Bignoniaceae, Moraceae y Arecaceae las familias mejor representadas, con al menos, dos especies.

Tabla 1.

Especies vegetales presentes en el bosque urbano (Feria Internacional de Azuero).

División	Clase	Familia	Especie	Nombre Común
Gimnospermas	Coniferae	Pinaceae	<i>Pinus caribea</i>	Pino Caribe
Angiospermas	Magnolipsida	Sapindaceae	<i>Melicoccus bijugatus</i>	Mamón Nacional
		Anacardiaceae	<i>Manguijera indica</i>	Mango
			<i>Anacardium occidentale</i>	Marañón
		Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Árbol María
		Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba Nacional
			<i>Azadirachta indica</i>	Nim
			<i>Khaya senegalensis</i>	Caoba africana
		Rubiaceae	<i>Ixora coccinea</i>	Ixora
		Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	Papaya
		Malvaceae	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	Papo
			<i>Guzuma ulmifolia</i>	Guásimo
		Fabaceae	<i>Andira inermis</i>	Harino
			<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo
			<i>Inga edulis</i>	Guaba
			<i>Inga laurina</i>	Guabita cansaboca
			<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Corotú
			<i>Mimosa benthamii</i>	Herrero
		Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro de playa
		Lamiaceae	<i>Tectona grandis</i>	Teca
			<i>Gmelina arborea</i>	Melina
		Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glabra</i>	Veranera
		Myrtaceae	<i>Eucaliptus sp</i>	Eucalipto
		Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Guayacán amarillo
			<i>Tabebuia rosea</i>	Roble, Guayacán rosado
		Moraceae	<i>Ficus sp</i>	Ficus
			<i>Ficus aurea</i>	Higuerón, Matapalo
		Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>	Aceituno
		Apocynaceae	<i>Allmanda cathartica</i>	Copa de oro
		Lythraceae	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	Reina de las flores, Banabá
	Liliopsida	Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i>	Palma de Coco
			<i>Copernicia sp</i>	Palma de guano
		Poaceae	<i>Paspalum notatum</i>	Gramma toro

En la tabla 1 se puede observar que en el bosque urbano (Feria Internacional de Azuero) contempla una variedad de 33 especies de plantas agrupadas en 31 géneros, 20 familias y 3 clases, de las cuales 32 especies son Angiospermas o Plantas con flores y 1 especie es Gimnosperma o Planta con semilla desnuda. La familia más numerosa resultó ser Fabaceae con 6 especies, seguida de Meliaceae con 3 especies.

De febrero a junio se realizaron diez muestreos, dos por cada mes, con un intervalo de 15 días aproximadamente, entre las 8:00 y 11:00 horas de la mañana. El recorrido inició a pie, para observar la actividad alimenticia del chángame en el bosque urbano localizado en los terrenos de la Feria Internacional de Azuero. Para la observación se utilizó binoculares (Bfull 12x50) y se fotografiaron con una cámara fotográfica (Cannon Rebel T6). Para la identificación de las aves se utilizó la guía “The Birds of Panama” (Angehr & Dean, 2010) y la Guía de aves de Panamá (Ridgely & Gwynne, 2005)

En el área de estudio, los terrenos de la Feria Internacional de Azuero (FIA), se identificó un significativo grupo de aves urbanas, destacando el papel de este espacio como hábitat que provee alimentos, refugio y lugares de descanso para diversas especies. Dentro de la investigación se hizo énfasis en la actividad alimentaria del *Quiscalus mexicanus*. Esta información se tabulo en forma de tablas cada vez que se realizaba el muestreo, en donde se describe la alimentación de dicha especie. En cuanto al análisis de los datos se aplicó estadística descriptiva con sus respectivas figuras.

Actividades alimenticias.

En total se realizaron 10 giras de observación de actividad alimenticia del *Quiscalus mexicanus* y monitoreos de las aves que se encuentran en los terrenos de la Feria Internacional de Azuero, durante tres horas por recorrido, transitando por el bosque urbano en donde se presenta un consolidado de los cinco meses del estudio. Una de las actividades alimenticias más frecuentes de la especie consiste en levantar las hojas para dejar al descubierto los insectos y poder consumirlos. También se observó que el ave se acercaba a las bolsas con basura que estaban rota para alimentarse de los desechos como pan, granos, restos de alimentos, entre otros. Otra de las observaciones registradas consistió en el pastoreo en donde caminaba por el césped en busca de insectos que consumía; así como también se observó con frecuencia que se acicalaba en un charco de agua limpia producto del riego del césped lo que aprovechaba para comer

insectos que salen de la tierra inundada por el riego. En varias ocasiones el ave se perchaba para terminar de consumir el alimento.

Podemos mencionar que el *Quiscalus mexicanus* realizó algunas actividades en menor frecuencia, tales como: comiendo granos de maíz en las orillas de las cunetas, picando cascara de huevos, come insectos en área de césped recién cortado, consumiendo restos de alimentos arrojados por las personas, hasta fue visto posado en una mesa comiendo restos de alimentos dejados por los comensales.

Se aplicarán análisis estadísticos para poder comprender como se comportan esas poblaciones en cuando al efecto de reducción de espacios en los bosques urbanos. Los índices ecológicos: riqueza, abundancia y diversidad

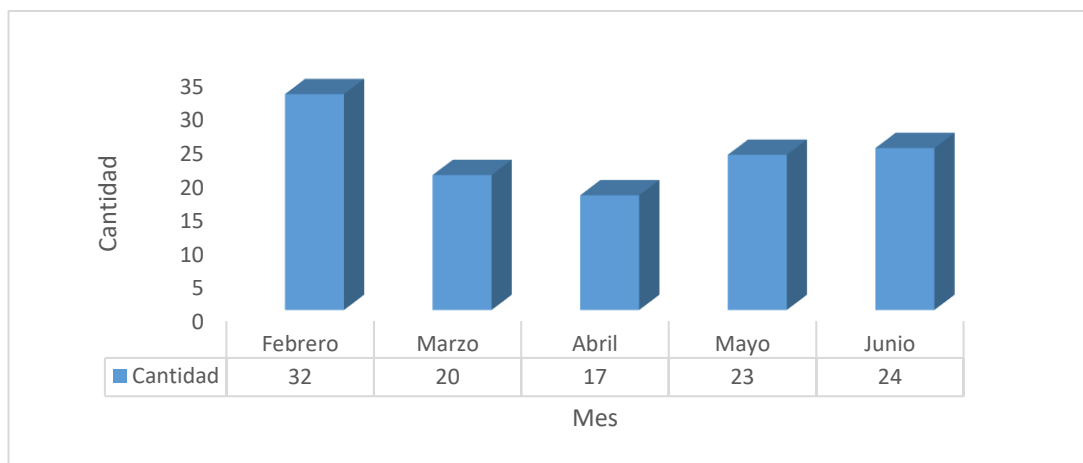
- Índice de Riqueza de Especies (S): La riqueza indica el número total de especies distintas presentes en una muestra o comunidad. Es la métrica más simple y directa de diversidad biológica, pero no incluye información sobre cuán abundantes son esas especies (Shmida, A. & Wilson, M., 1985).
- Índice de Abundancia: La abundancia se refiere al número de individuos de cada especie dentro de la comunidad. Se puede expresar como números absolutos o relativos (proporción de cada especie respecto al total). El análisis de la abundancia permite identificar especies dominantes y patrones (Callaghan, C. *et al.*, 2023).
- Índice de Diversidad de Shannon (H): El índice de diversidad de Shannon o Shannon-Wiener (Shannon-Weaver) es uno de los más utilizados en ecología para cuantificar la diversidad de una comunidad porque integra tanto la riqueza como la equitatividad (Spellerberg, I. & Fedor, P., 2003).

Resultados y análisis

A continuación, se presenta los monitoreos realizados al *Quiscalus mexicanus* durante los meses de febrero a junio en la Feria Internacional de Azuero.

Figura 2.

Consolidado de los Quiscalus mexicanus estudiados por mes.



Las poblaciones del Chángame en el mes de febrero tienen su punto más alto con 32 individuos, luego descienden en marzo y abril con 20 y 17, respectivamente; para aumentar en mayo y junio con 23 y 24 individuos (ver figura 2).

Figura 3.

Actividad alimenticia del Changamé (Quiscalus mexicanus) en ecosistema urbano.



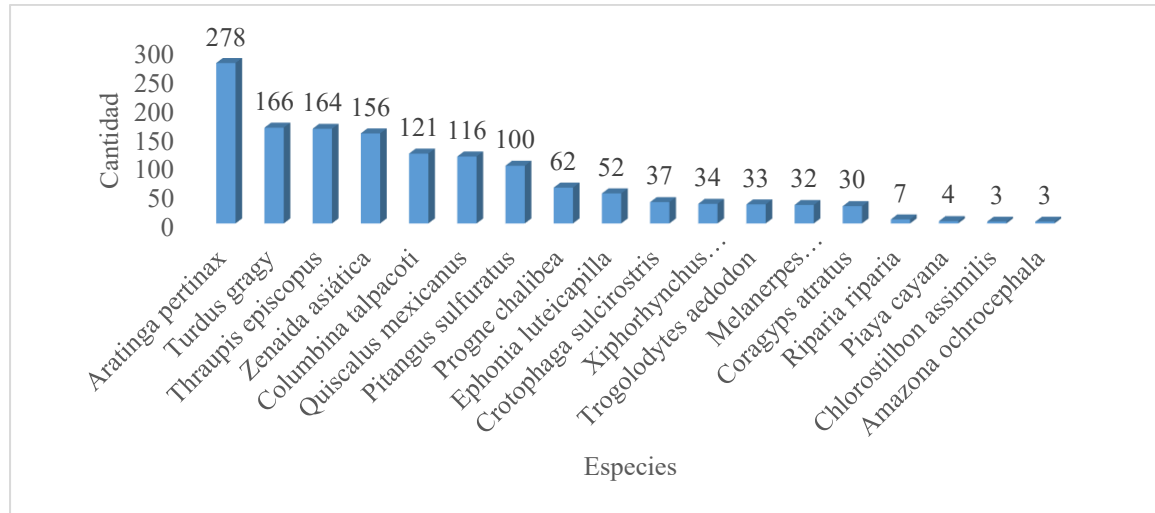
3-A Ave perchada cantando. 3-B *Quiscalus mexicanus* zambulléndose en una charca de agua en la zona con césped de la FIA, aprovecha que los insectos salen de los suelos para comerlos.

3-C Grupo de *Quiscalus mexicanus* en busca de insectos en el césped (actividad de pastoreo)

3-D Ave con un insecto recién capturado en su pico listo para ser ingerido.

Figura 4.

Consolidado de las especies de aves monitoreadas de febrero a junio.



En la figura 4 se observa *Aratinga pertinax* con 278 individuos, seguido de *Turdus gragy* con 166 y en tercer lugar *Thraupis episcopus* con 164.

Tabla 2.

Abundancia de las especies monitoreadas en los terrenos de la Feria Internacional de Azuero.

Especie	Familia	Abundancia	Abundancia Relativa (%)
<i>Aratinga pertinax</i>	Psittacidae	278	19.89
<i>Turdus gragy</i>	Turdidae	166	11.87
<i>Thraupis episcopus</i>	Thraupidae	164	11.73
<i>Zenaida asiática</i>	Columbidae	156	11.16
<i>Columbina talpacoti</i>	Columbidae	121	8.66
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Icteridae	116	8.30
<i>Pitangus sulfuratus</i>	Tyrannidae	100	7.15
<i>Progne chalibea</i>	Hirundinidae	62	4.43
<i>Ephonia luteicapilla</i>	Fringillidae	52	3.72
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Cuculidae	37	2.65
<i>Xiphorhynchus susurrans</i>	Furnariidae	34	2.43
<i>Troglodytes aedodon</i>	Troglodytidae	33	2.36
<i>Melanerpes rubricapillus</i>	Picidae	32	2.29
<i>Coragyps atratus</i>	Cathartidae	30	2.15
<i>Riparia riparia</i>	Hirundinidae	7	0.50
<i>Piaya cayana</i>	Cuculidae	4	0.29
<i>Chlorostilbon assimilis</i>	Trochilidae	3	0.21
<i>Amazona ochrocephala</i>	Psittacidae	3	0.21

La tabla 2 muestra que la especie *Aratinga pertinax* presentó la mayor cantidad de individuos monitoreados con 278, seguido de *Turdus gragy* con 166 y en tercer lugar encontramos a *Thraupis episcopus* con 164 individuos.

Tabla 3.

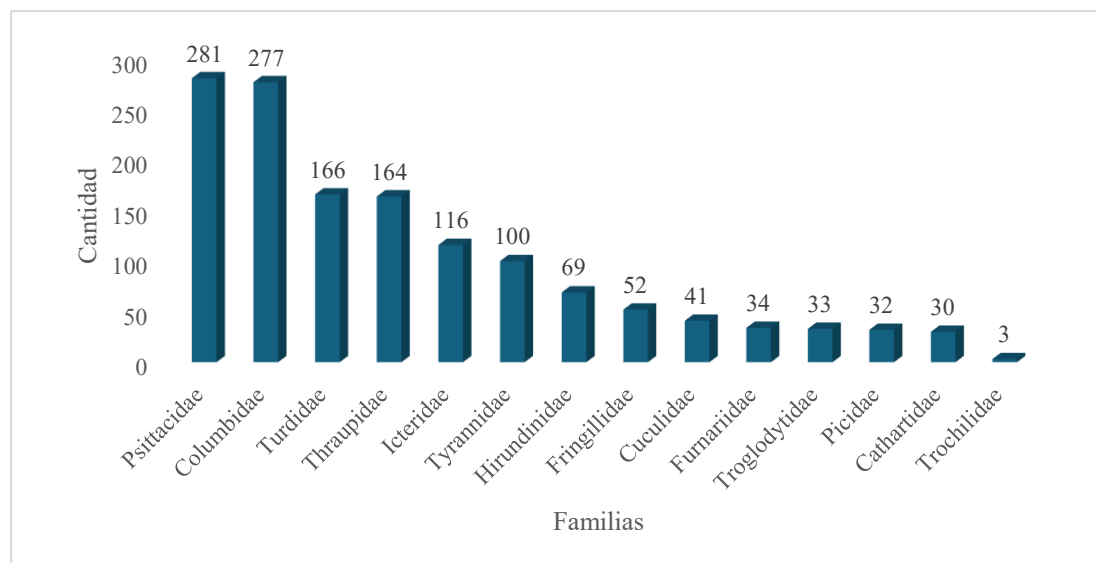
Riqueza y abundancia de familias familias.

Familia	Abundancia Total	Abundancia Relativa (%)	Riqueza de Especies
Psittacidae	281	20.10	2
Columbidae	277	19.81	2
Turdidae	166	11.87	1
Thraupidae	164	11.73	1
Icteridae	116	8.30	1
Tyrannidae	100	7.15	1
Hirundinidae	69	4.94	2
Fringillidae	52	3.72	1
Cuculidae	41	2.93	2
Furnariidae	34	2.43	1
Troglodytidae	33	2.36	1
Picidae	32	2.29	1
Cathartidae	30	2.15	1
Trochilidae	3	0.21	1

En la tabla 3 se muestra que la familia Psittacidae presentó la mayor abundancia con 281 individuos, representando el 20.10 % del total. En segundo lugar, se ubicó la familia Columbidae, con 277 individuos, equivalente al 19.81 %, seguida por la familia Turdidae, con 166 individuos, que constituyen el 11.87 % de la abundancia total.

Figura 5.

Abundancia por familia de las especies de aves monitoreadas en los terrenos de la Feria Internacional de Azuero.



Como observamos en la figura 5 la familia Psittacidae ocupa el primer lugar con 285 especímenes, seguido de la familia Columbidae con 277 individuos y en tercer lugar la familia Turdidae con 166 especímenes observados durante los 5 meses de los monitoreos en los terrenos de la Feria Internacional de Azuero.

Discusión

Una de las actividades alimenticias más frecuentes de la especie consiste en levantar las hojas para dejar al descubierto los insectos y poder consumirlos. También se observó que el ave se acercaba a las bolsas con basura que estaban rota para alimentarse de los desechos como pan, granos, restos de alimentos, entre otros.

Según Camacho & Camacho (2020) el *Quiscalus mexicanus* se alimentan de frutos e insectos en zonas urbanas, además se alimentan de desechos de alimentos dejados en parques, ya sea en botes de basura lo que coincide con nuestra investigación, ya que debido a su particularidad de conseguir alimentos en los desechos tirados o dejados por los transeúntes en la FIA y el oportunismo de husmear en la basura para sacar restos de alimentos, los desechos en su mayoría, consistían en granos, panes, restos de dulces y pequeños pedazos de pizzas que abundan en épocas de feria, pero también consumía insectos que salían al ser inundadas las zonas con el riego en época seca y entre la hojarasca. Esta actividad que consiste en buscar alimentos y escudriñar para detectar movimientos de sus presas representa evidencia del poder adaptativo de esta especie para sobrevivir y prosperar en entornos urbanos.

Para Camarena & Villalaz, (2023) aunque la ubicación del sitio de su investigación está a 1.8 km de la Feria Internacional de Azuero no fue reportada la presencia del *Q. mexicanus* entre las aves que presentan estrés hídrico en abrevaderos de potreros durante la estación seca, probablemente porque al ser oportunistas la alimentación asociada a desechos alimenticios y su hidratación es mucho más fácil de conseguir en los hábitats urbanos

Los estudios de otro autor indican que *Q. mexicanus* se alimenta de reptiles, tal es el caso de las especies *Sceloporus melanorhinus* (Lagartija o Espinosa de nariz Negra) e *Iguana iguana* (Iguana verde); además de canibalismo sobre huevos de su propia especie, lo cual no coincide con los comportamientos del *Quiscalus mexicanus* observados durante nuestro trabajo de investigación (Cupul *et al.*, 2018).

Por otra parte, los bosques urbanos y regenerados, tal como los presentes en los terrenos de la Feria Internacional de Azuero demuestran que son utilizados por diversas especies de aves principalmente urbanas tal como se establece en Camarena *et al.*, (2020) en la que le proveen de alimentos, refugio y lugar de descanso durante el tiempo que estén en él.

Otra de las observaciones registradas consistió en el pastoreo en donde caminaba por el césped en busca de insectos que consumía, lo que coincide con los resultados de Pacheco *et al.*, (2022), quien registra la recolección como maniobra en la cual un ave posada captura el alimento de la superficie de un sustrato cercano. Otro comportamiento fue el sondeo de inserción del pico dentro de hoyos o de agujeros de un sustrato, o dentro o debajo de sustratos blandos o de plataformas de palos; metodología que uso este autor es su investigación, lo cual concuerda efectivamente con esta especie como se observa en la figura 3-B y 3-C en donde estas aves están caminando y forrajeando en el césped.

El *Quiscalus mexicanus* realizó algunas actividades en menor frecuencia, tales como: comiendo granos de maíz en las orillas de las cunetas, picando cascara de huevos, come insectos en área de césped recién cortado, consumiendo restos de alimentos arrojados por las personas, hasta fue visto posado en una mesa comiendo restos de alimentos dejados por los comensales. Lo que coincide con lo dicho por Camacho & Camacho, (2020) Pacheco *et al.*, (2022) y (Cupul *et al.*, 2018). en sus investigaciones. Además, el *Quiscalus mexicanus*, es considerado como una importante plaga de diferentes cultivos en zonas urbanas, de la cual se han reportado como especies dañinas, las que afectan cultivos muy variados, entre los que sobresalen los granos como arroz, maíz y sorgo, aunque también algunas especies dañan cítricos, melón y tomate (Monge, 2013).

Las poblaciones del chángame en el mes de febrero tienen su punto más alto con 32 individuos, luego descienden en marzo y abril con 20 y 17, respectivamente; para aumentar en mayo y junio con 23 y 24 individuos (ver figura 2); este descenso de las poblaciones concuerda con el estudio de Marzluff *et al.*, (2012) para los meses de marzo y abril, en donde explica que la tolerancia entre las especies urbanas parece estar relacionada con su grado de habituación a las personas. Por lo tanto, si se va a aumentar temporalmente la carga de visitantes en ciertos parques urbanos (por ejemplo, un acto público, un concierto, etc.), se aconseja que dichos

aumentos se implementen en aquellos parques con altas tasas peatonales para minimizar los efectos nocivos para las aves urbanas.

Las actividades feriales y el movimiento preparativo para las ferias se dan en esos meses, en donde miles de personas están en las instalaciones recreándose y divirtiéndose, el ruido es ensordecedor producto de las discotecas y la música de los juegos mecánicos, que para atraer a los niños con sonido y juegos de luces afectan a las aves significativamente, ya que no pueden estar en esas instalaciones al ser perturbadas. Por otro lado, la tranquilidad (ausencia de ruido y poca presencia humana) y la ausencia de perturbaciones, a excepción de la mala gestión de desechos, favorece las poblaciones de esta especie, como lo manifiesta Almazán & Hinterholzer, (2010), en donde consideran que el *Quiscalus mexicanum* son especies adaptables a la urbanización.

Se realizó el monitoreo de un total de 1,398 individuos correspondientes a 18 especies distribuidas en 14 familias. La familia con mayor abundancia fue Psittacidae, con 281 individuos, representando el 20.10 % del total registrado. En segundo lugar, se encontró la familia Columbidae, con 277 individuos (19.81 %), seguida por Turdidae, con 166 individuos, que constituyen el 11.87 % de la abundancia total. Estas tres familias agrupan la mayor parte de los individuos monitoreados, destacándose por su predominancia en la comunidad estudiada.

La riqueza total de especies, que se refiere al número de especies diferentes presentes en un área o comunidad, fue de 18 en este caso, lo que indica una diversidad moderada de especies. Shmida, A. & Wilson, M., (1985). Por otro lado, el índice de diversidad de Shannon, con un valor aproximado de 2.45, es una medida que combina tanto el número de especies (riqueza) como la equidad o distribución de individuos entre esas especies. Este valor sugiere que, además de haber varias especies presentes, la comunidad tiene una distribución relativamente equilibrada de abundancias entre ellas, sin que una especie domine excesivamente sobre las demás. En conjunto, estos datos indican una comunidad con diversidad equilibrada y una variedad considerable de especies (Spellerberg, & Fedor, 2003).

Los efectos de la urbanización sobre la biodiversidad se han estudiado principalmente en el hemisferio norte, por lo que es urgente analizarla en ciudades tropicales como Manaus, donde se investigó la diversidad y abundancia de loros en 12 vecindarios con distintos perfiles

ambientales y socioeconómicos. Se registraron 23 especies en toda el área, 14 en zonas urbanas, principalmente asociadas a vegetación inundable, mientras que las que requieren bosques continuos evitan la ciudad. La riqueza y abundancia de loros fue estable durante el año, salvo un aumento en dos especies en la estación seca. Aunque la cobertura de áreas verdes y la lluvia mensual no afectaron la abundancia relativa, vecindarios con más áreas verdes presentaron mayor riqueza de especies.

Así, la diversidad de loros en Manaus está relacionada con la disponibilidad de espacios verdes, cuya protección es clave para su conservación (Liu *et al.*, 2025). Otro autor que coincide con nuestros resultados habla sobre los impactos de la urbanización y la expansión urbana en las especies es clave para planificar ciudades que reduzcan la pérdida de biodiversidad. Según nuestras proyecciones para más de 30,000 especies bajo tres escenarios futuros, hasta 855 especies están amenazadas directamente por la urbanización sin control. Las regiones de rápido crecimiento urbano en África subsahariana, Sudamérica, Mesoamérica y el Sudeste Asiático corren mayor riesgo de pérdida significativa de biodiversidad, destacando la necesidad urgente de incluir la expansión urbana en las estrategias globales de conservación y focalizar esfuerzos en estas áreas prioritarias. (Simkin *et al.*, 2022).

Al terminar la discusión de esta investigación concluimos que el *Quiscalus mexicanus* resultó ser una especie que consume restos de alimentos dejados por los transeúntes, también se alimentó de insectos los cuales buscaba debajo de las hojas y cuando las charcas se llenaban de agua debido al riego del césped en época seca. En el presente estudio se observaron 116 aves de especie, *Quiscalus mexicanus* durante los meses de febrero a junio, en donde las perturbaciones como ruidos y presencia de visitantes influyo para que las poblaciones disminuyeran y por el contrario la abundancia de alimentos seguida de su adaptación a los sectores urbanos propicia el aumento. Se establece la relación de esta especie con la vegetación en un parque urbano, y gracias a la variedad de plantas, su floración y producción de frutos sirve a las aves para que puedan alimentarse, refugiarse y reproducirse en esta área de la provincia de Los Santos.

La urbanización reduce la biodiversidad, pero la protección y el diseño adecuado de áreas verdes urbanas pueden mantener comunidades ricas y funcionales, especialmente en regiones

tropicales. La conservación urbana debe priorizar la cantidad, calidad y conectividad de los espacios verdes para salvaguardar la diversidad biológica en las ciudades.

Respecto a los monitoreos durante los cinco meses de febrero a junio podemos decir que se observaron un total de 1,398 individuos, correspondientes a 18 especies distribuidas en 14 familias. La familia Psittacidae presentó la mayor abundancia con 281 individuos, representando el 20.10 % del total. En segundo lugar, se ubicó la familia Columbidae, con 277 individuos, equivalente al 19.81 %, seguida por la familia Turdidae, con 166 individuos, que constituyen el 11.87 % de la abundancia total.

Las comunidades de aves en áreas urbanas muestran niveles moderados de riqueza y diversidad, predominando en abundancia las especies generalistas y con pocas familias dominantes. La configuración y gestión de los espacios verdes urbanos son fundamentales para conservar y aumentar la diversidad de aves en estos ambientes.

Referencias bibliográficas

- Almazán, R. y Hinterholzer, A. (2010). Dinámica temporal de la avifauna en un parque urbano de la ciudad de Puebla, México. *Huitzil*, 11(1), 26-32.
- Angehr G. & Dean R. (2010). *The Birds of Panama a field guide*. Zona Tropical. Cornell University Press. 456 pp.
- Bendaña, G. (2019). El zanate nicaragüense. *Temas Nicaragüenses*, (133), 78-82.
- Callaghan, C., Borda-de-Água, L., Van Klink, R., Rozzi, R., y Pereira, H. (2023). Unveiling global species abundance distributions. *Nature Ecology & Evolution*, 7, 1600 - 1609. <https://doi.org/10.1038/s41559-023-02173-y>.
- Camacho, A. y Camacho, D. (2020). Observación del comportamiento alimentario del *Quiscalus Mexicanus* en parques urbanos al norte de México, 13, 142-147.
- Camarena, F., Villalaz, V., Pimentel, G., y Barría, J. (2020). Diversidad de aves en un bosque urbano en regeneración del Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá. *Revista de Iniciación Científica*, 6, 22-29.
- Camarena, F., y Villalaz, V. (2023). Estrés hídrico en poblaciones de aves residentes en la provincia de Los Santos. *Centros: Revista Científica Universitaria*, 12(1), 24-37.
- Cupul-Magaña, F., Cann, F., y Escobedo-Galván, A. (2017). Observaciones generales de la dieta del zanate mexicano *Quiscalus mexicanus* en Puerto Vallarta, México, 19, 96-99. <https://doi.org/10.28947/HRMO.2018.19.1.311>.

- Cupul, F., McCann, F., & Escobedo, A. (2018). Observaciones generales de la dieta del zanate mexicano *Quiscalus mexicanus* en Puerto Vallarta, México. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología* 19(1), 96-99.
- Grabruker, S., & Grabruker, A. (2010). Rare Feeding Behavior of Great-Tailed Grackles (*Quiscalus mexicanus*) in the Extreme Habitat of Death Valley~!2010-01-08~!2010-03-08~!2010-05-21~!. *The Open Ornithology Journal*, 3, 101-104.
<https://doi.org/10.2174/1874453201003010101>.
- Gurrola Hidalgo, M. A., Sánchez-Hernández, C., y Romero Almaraz, M. (2009). Dos nuevos registros de alimentación de *Quiscalus mexicanus* y *Cyanocorax sanblasianus* en la costa de Chamela, Jalisco, México. *Acta zoológica mexicana*, 25(2), 427-430.
- Liu, N., Liu, Z., & Wu, Y. (2025). Direct and Indirect Impacts of Urbanization on Biodiversity Across the World's Cities. *Remote Sensing*. <https://doi.org/10.3390/rs17060956>.
- Marzluff, J. M., Bowman, R., & Donnelly, R. (Eds.). (2012). *Avian ecology and conservation in an urbanizing world*. Springer Science & Business Media. Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World - Google Libros
- Monge, J. (2013). Lista actualizada de aves dañinas en Costa Rica (2012). *UNED Research Journal*, 5(1), 111-120.
- Pacheco M.A., Ferreira F.C., Logan C.J., McCune K.B., MacPherson M.P., Albino Miranda S. et al., (2022) Zanates de cola grande (*Quiscalus mexicanus*) como hospedador tolerante a los parásitos de la malaria aviar. *PLoS ONE* 17(8): e0268161.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268161>
- Pineda, R. Malagamba A.; Arce I.; Ojeda J. (2013). Detección de aves exóticas en parques urbanos del centro de México. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*. 14(1), 56-67.
- Ralph, C. J.; Geupel G.; Pyle, P.; Martin, T.; DeSante, D.; Milá, B. (1997). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. General Technical Report. Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Berkeley, California, 46 p.
https://www.birdpop.org/docs/pubs/Ralph_et_al_1996_Manual_de_Metodos_Para_El_Monitoreo_De_Aves.pdf
- Ridgely R. & Gwynne, J. (2005). *Guía de las Aves de Panamá*. 2da ed. Sociedad Audubon de Panamá. Ancón Panamá.
- Rodrigo, A., Ávila-Chauvet, L., & Buriticá, J. (2021). Daily Patterns of Foraging and Aggressive Behaviors in Great-tailed Grackle (*Quiscalus mexicanus*) at an Urban Patch with Availability or Absence of Resources. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2021.06.14.448443>
- Sepúlveda, C.; Moreira A.; y Villarroel, P. (1997). Conservación biológica fuera de las áreas silvestres protegidas. *Ambiente y Desarrollo*, 13(2), 48-58.

https://geografia.uc.cl/images/academicos/Andres_Moreira/Sepulveda_Moreira_Cons_Fuera.pdf

Shmida, A., & Wilson, M. (1985). Biological determinants of species diversity. *Journal of Biogeography*, 12, 1-20. <https://doi.org/10.2307/2845026>.

Simkin, R., Seto, K., McDonald, R., & Jetz, W. (2022). Biodiversity impacts and conservation implications of urban land expansion projected to 2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2117297119>.

Spellerberg, I., & Fedor, P. (2003). A tribute to Claude Shannon (1916-2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the 'Shannon-Wiener' Index. *Global Ecology and Biogeography*, 12, 177-179. <https://doi.org/10.1046/J.1466-822X.2003.00015.X>.

Caracterización de los desechos en la quebrada La Ermita y su impacto en contaminación

Characterization of the waste in the La Ermita creek and its impact on pollution

Ricardo Adelbar Calderón Rodríguez

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Los Santos, Panamá

ricardo.calderon@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-7289-9479>

Miguel Ángel Pinto Mendoza

Investigador independiente, Panamá

miguelanpinto29@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-9858-7337>

Félix Hermenegildo Camarena Quiroz

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá

felix.camarena@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-5601-3252>

Recibido: 13/06/2025

Aprobado: 12/10/2025

Doi: <https://doi.org/10.48204/rea.v4n2.8839>

Resumen

La contaminación de cuerpos de agua dulce, como ríos y quebradas, representa una amenaza crítica para la salud pública y el equilibrio ambiental, especialmente en regiones donde las comunidades dependen directamente de estas fuentes para su consumo, higiene y actividades económicas. En la quebrada La Ermita, Las Tablas, Panamá, se caracterizaron los desechos orgánicos e inorgánicos presentes y se evaluó la calidad del agua y el grado de contaminación. El presente estudio tiene como objetivo caracterizar los tipos de desechos orgánicos e inorgánicos presentes en la quebrada La Ermita de la ciudad de Las Tablas, determinando su impacto en la calidad del agua y evaluando el grado de contaminación asociado a estos residuos. Mediante un diseño no experimental transversal, se muestrearon tres puntos, clasificando residuos sólidos y realizando análisis microbiológicos de coliformes. Los resultados revelaron una predominancia de desechos inorgánicos, constituyendo aproximadamente el 81 % del total. Las bolsas plásticas (19.59 %), latas de aluminio (18.13 %) y botellas plásticas (13.30 %) fueron los más abundantes. Además, se registraron coliformes fecales y totales, especialmente después de los carnavales, que exceden ampliamente los límites establecidos por normativas nacionales e internacionales. Este incremento se atribuye al arrastre superficial de residuos y agua de actividades masivas. La Ermita enfrenta una contaminación grave, lo que es un riesgo significativo para la salud pública y el ecosistema. Se recomienda la implementación de educación ambiental y la gestión de residuos.

Palabras clave: Coliformes, contaminación del agua, desechos sólidos, impacto ambiental, quebrada La Ermita.

Abstract

The contamination of freshwater bodies, such as rivers and streams, poses a critical threat to public health and environmental balance, especially in regions where communities depend directly on these sources for consumption, hygiene, and economic activities. In the La Ermita stream, Las Tablas, Panama, the organic and inorganic waste present were characterized and the water quality and degree of contamination were evaluated. The objective of this study is to characterize the types of organic and inorganic waste present in the La Ermita creek in the city of Las Tablas, determining their impact on water quality and evaluating the

29

degree of contamination associated with these wastes. Through a cross-sectional non-experimental design, three points were sampled, classifying solid waste and performing microbiological analysis of coliforms. The results revealed a predominance of inorganic wastes, constituting approximately 81% of the total. Plastic bags (19.59%), aluminum cans (18.13%) and plastic bottles (13.30%) were the most abundant. In addition, fecal and total coliforms were recorded, especially after carnivals, which far exceed the limits established by national and international regulations. This increase is attributed to the surface dragging of waste and water from mass activities. La Ermita faces serious contamination, which is a significant risk to public health and the ecosystem. The implementation of environmental education and waste management is recommended.

Keywords: Coliforms, water pollution, solid waste, environmental impact, La Ermita creek.

Introducción

La contaminación de cuerpos de agua dulce, como ríos y quebradas, representa una amenaza crítica para la salud pública y el equilibrio ambiental, especialmente en regiones donde las comunidades dependen directamente de estas fuentes para su consumo, higiene y actividades económicas. En los países desarrollados, aunque la degradación de un río puede generar problemas ambientales serios, generalmente no afecta de manera inmediata la salud de la población debido a la existencia de sistemas avanzados de tratamiento y suministro de agua potable. Sin embargo, en muchas áreas de América Latina y otras regiones en desarrollo, la contaminación de ríos, la destrucción de humedales y la contaminación de acuíferos no solo destruyen recursos naturales esenciales, sino que también impactan directamente la salud de comunidades enteras que consumen estas aguas y mantienen una estrecha relación con su entorno natural (La República, 2024).

A nivel global, a pesar de los avances en el acceso a servicios de agua potable gestionados de forma segura, todavía existen importantes brechas. Según el informe de la Organización Mundial de la Salud y UNICEF (2023), aproximadamente 2,000 millones de personas continúan utilizando fuentes de agua contaminadas con heces, lo que incrementa el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, tales como diarrea, cólera, disentería, fiebre tifoidea y poliomielitis. Estas enfermedades causan cientos de miles de muertes anuales, especialmente en comunidades vulnerables y países en desarrollo. Además, cerca de 771 millones de personas carecen de acceso a servicios básicos de agua potable, lo que subraya la urgencia de mejorar la gestión y calidad del agua a nivel mundial. La calidad microbiológica del agua es esencial para prevenir estos riesgos, y la presencia de bacterias coliformes, especialmente *Escherichia coli*, es el principal indicador de

contaminación fecal y posible presencia de patógenos entéricos (World Health Organization [WHO], 2017; Ashbolt, 2015).

La contaminación del agua no solo afecta la salud humana, sino que también altera ecosistemas acuáticos, reduce la biodiversidad, provoca la proliferación de organismos patógenos y genera impactos sociales y económicos, como la pérdida de recursos pesqueros y la disminución del turismo (Velázquez-Chávez *et al.*, 2022; Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2021).

En Panamá, la contaminación de fuentes superficiales como ríos y quebradas se ha intensificado debido al crecimiento demográfico, la expansión agrícola e industrial, y la falta de infraestructura adecuada para el manejo de desechos sólidos y líquidos (Ministerio de Ambiente, 2024; Swissinfo, 2025). Este fenómeno no solo afecta la disponibilidad de agua para consumo humano, sino que también incrementa la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua, tales como diarrea, cólera, disentería, fiebre tifoidea y poliomielitis (WHO, 2019; UNICEF & World Health Organization, 2023). Se estima que la contaminación del agua potable es responsable de más de 500,000 muertes anuales por diarrea a nivel mundial (UNICEF & World Health Organization, 2023).

Esta situación refleja el uso insostenible del agua potable y potencialmente potable, agravado por sequías que afectan la agricultura, la ganadería y el consumo humano (FAO, 2025).

Los desechos presentes en las quebradas y ríos incluyen residuos orgánicos, como restos de comida y material vegetal biodegradable que se descompone naturalmente, y desechos inorgánicos, como plásticos, metales y vidrios, que requieren procesos tecnológicos para su reciclaje o eliminación (Acosta *et al.*, 2011). La acumulación de basura en ríos y quebradas provoca obstrucciones, disminución de cauces e inundaciones, con consecuencias graves para la salud pública y la seguridad de las comunidades (Grupo de Investigación de Economía Ecológica, 2016).

La contaminación de las quebradas representa un riesgo significativo para la salud pública y el medio ambiente local, reflejando una problemática que se replica en muchas regiones del mundo donde el acceso a agua potable segura es limitado. La caracterización detallada de los desechos y

la evaluación microbiológica son pasos esenciales para implementar soluciones efectivas que garanticen un suministro de agua saludable y sostenible para las comunidades afectadas (Organización Mundial de la Salud, 2017).

Conocer y caracterizar los desechos, así como evaluar la presencia de bacterias coliformes en las quebradas, es fundamental para determinar el grado de contaminación y los riesgos sanitarios asociados. La identificación precisa de los tipos de residuos y la cuantificación de coliformes fecales permiten establecer estrategias de mitigación y manejo sostenible del recurso hídrico, protegiendo la salud de la población y la integridad de los ecosistemas acuáticos (OMS, 2017; Eugenio Córdova & Ortiz Tejedor, 2025).

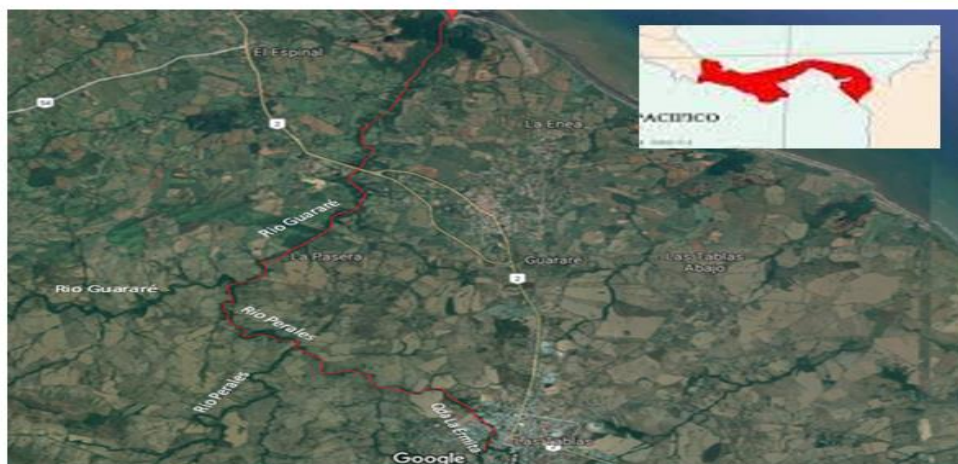
El presente estudio tiene como objetivo caracterizar los tipos de desechos orgánicos e inorgánicos presentes en la quebrada La Ermita de la ciudad de Las Tablas, determinando su impacto en la calidad del agua y evaluando el grado de contaminación asociado a estos residuos. Los resultados buscan servir como línea base para la formulación de políticas públicas y estrategias de gestión sostenible del recurso hídrico en Panamá y la región latinoamericana.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en la quebrada La Ermita, ubicada en el corregimiento de La Ermita, distrito de Las Tablas, provincia de Los Santos, Panamá. Se realizó una observación inicial para identificar hallazgos de residuos sólidos y determinar los puntos de muestreo.

Figura 1.

Ubicación de la quebrada La Ermita, distrito de Las Tablas, provincia de Los Santos, república de Panamá.



Fuente: Extraído de Google Earth, (2025).

Figura 2.

Puntos de muestreo en la quebrada La Ermita en el distrito de Las Tablas, provincia de Los Santos, república de Panamá.



Fuente: Extraído de Google Earth, (2025).

Se seleccionaron tres puntos específicos de muestreo a lo largo de la quebrada La Ermita para la caracterización de desechos y análisis microbiológico. El punto N°1 se ubicó en Ermita Uno (7.769349° N, -80.280223° O), el punto N°2 se localizó a 250 metros del primero (7.767104° N, -80.280403° O) y el punto N°3 a 150 metros del segundo (7.766772° N, -80.280223° O). Los

muestreos se llevaron a cabo en varias fechas comprendidas entre febrero y julio de 2024, considerando periodos antes y después de los carnavales. Esta planificación permitió evaluar posibles variaciones en la presencia de desechos y en la calidad microbiológica del agua relacionada con eventos sociales. El seguimiento en distintos puntos y tiempos facilitó una caracterización integral y representativa de la situación ambiental en la quebrada. Así, se obtuvo información valiosa para comprender el impacto de los residuos en el ecosistema acuático local.

Diseño

Para el estudio realizado en la quebrada La Ermita se utilizó un diseño no experimental transversal para describir el nivel de contaminación del agua en diferentes puntos de la quebrada. Este enfoque es descriptivo porque detalla el tipo y nivel de contaminación presentes en las áreas estudiadas, y explicativo porque se fundamenta en teorías sobre los riesgos y consecuencias de la contaminación hídrica.

Se tomaron muestras de agua en tres puntos estratégicos de la quebrada La Ermita para evaluar la calidad del agua y determinar los niveles de contaminantes, incluyendo indicadores microbiológicos y químicos, con el fin de identificar las fuentes y el impacto de la contaminación en la zona, como la utilizada por Camarena *et al.*, (2022). Este método permite no solo caracterizar la situación actual, sino también explicar las posibles causas y efectos ambientales y sociales derivados de la contaminación, facilitando la formulación de medidas de mitigación y gestión ambiental adecuadas para la región.

Así, el estudio en la quebrada La Ermita combina la descripción detallada de la contaminación con un análisis explicativo basado en teorías ambientales, para contribuir a la comprensión integral del problema y apoyar la toma de decisiones en la gestión del recurso hídrico en el distrito de Las Tablas. Se utilizaron materiales tanto para el trabajo de campo (muestreo) como para el laboratorio:

- Campo: Botas, overol, nevera pequeña con hielo, mascarilla, recipientes para muestras, guantes de látex.

- Laboratorio: Envases con agua destilada, pipetas esterilizadas, sustrato definido (Colilert), muestra a destilar, alcohol, papel toalla, molde para incubar, autoclave (esterilizador), Quanty-try (sellador), guantes de látex, Pipet Helper, incubadora, solución de cloro.

Procedimiento

El estudio incluyó la caracterización de desechos sólidos y el procesamiento de muestras de agua para análisis microbiológico. Paralelamente al muestreo de agua, se realizó una categorización de los residuos presentes en los lugares de muestreo utilizando una tabla confeccionada por el profesor asesor para el conteo de residuos orgánicos e inorgánicos. Los desechos se clasificaron en categorías orgánicas, como restos de alimentos, animales muertos, material fecal, papel/cartón y plantas muertas, y en categorías inorgánicas, que incluyen bolsas plásticas, latas de aluminio, platos y vasos desechables, restos de electrodomésticos, retazos de tela, botellas de plástico y botellas de vidrio. Se registraron las cantidades observadas para cada tipo de desecho en cada fecha de muestreo para garantizar un análisis detallado de la contaminación en la quebrada.

Se establecieron tres puntos de muestreo (punto 1, punto 2, punto 3) a lo largo de la quebrada La Ermita, en el corregimiento de La Ermita, distrito de Las Tablas, provincia de Los Santos, Panamá, para la aplicación del instrumento de categorización de desechos orgánicos e inorgánicos. Este instrumento fue diseñado para registrar y clasificar los residuos sólidos presentes en las riberas de la quebrada, con el objetivo de analizar su incidencia y posible impacto en la calidad del agua y el entorno ambiental.

El instrumento de observación de campo para caracterización de residuos orgánicos e inorgánicos incluye datos esenciales como la identificación de los investigadores, la hora, la fecha y el tiempo dedicado al recorrido en cada punto de observación. Para la categorización, se utilizó una lista de cotejo que permitió clasificar sistemáticamente los desechos encontrados en las áreas seleccionadas.

Tras la validación por un experto en el área, el instrumento se aplicó en cada uno de los tres puntos de la quebrada La Ermita, iniciando con el monitoreo y la anotación detallada de las observaciones.

Además, se recopilaron evidencias fotográficas en un portafolio que sirvió para validar los resultados y complementar el análisis estadístico de los tipos de residuos identificados.

El instrumento está estructurado en dos apartados principales:

- **Desechos Orgánicos:** Se registró la incidencia de restos de alimentos, animales muertos, material fecal, papel, cajas de cartón, plantas muertas y lixiviados provenientes de diversas actividades en la zona.
- **Desechos Inorgánicos:** Se catalogaron residuos como bolsas plásticas, latas de aluminio, restos de electrodomésticos, botellas de plástico y vidrio, así como platos y vasos desechables.

Procesamiento de Muestras de Agua:

Las muestras de agua fueron recolectadas en envases plásticos esterilizados en los tres puntos y transportadas refrigeradas a 4 °C hasta un laboratorio del Ministerio de Salud en Los Santos. En el laboratorio, las muestras turbias se diluyeron en envases esterilizados con agua destilada, ajustando el grado de dilución según la turbidez. Al último envase diluido se añadió el suplemento Colilert, que se disolvió para permitir el crecimiento bacteriano, y la mezcla se transfirió a charolas sellables con Quanta-try para distribuir uniformemente en pocillos. Estas charolas se incubaron a 37 °C durante 24 horas. La detección de coliformes totales se identificó por la coloración amarilla, mientras que la presencia de *E. coli* se detectó mediante fluorescencia bajo luz ultravioleta, interpretándose los resultados con la tabla del Número Más Probable (NMP).

Procesamiento y Análisis de los datos

Los datos serán recopilados y procesados utilizando el software Microsoft Excel 2010, permitiendo una organización eficiente de la información obtenida en los muestreos. Se aplicarán técnicas de estadística descriptiva para resumir y presentar de manera clara los resultados. Asimismo, se elaborarán tablas y gráficos para apoyar la visualización y comparación de los datos recopilados, contribuyendo a una mejor comprensión del grado de contaminación en la quebrada La Ermita.

Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos del análisis de los desechos sólidos y la calidad microbiológica del agua en la quebrada La Ermita. Los datos recopilados a través de los distintos puntos de muestreo permiten identificar las principales categorías y tipos de residuos presentes, así como la concentración de coliformes totales y fecales a lo largo del tiempo. Estos resultados ofrecen una visión integral del estado ambiental de la quebrada, proporcionando información clave para evaluar el impacto de la contaminación en este ecosistema acuático.

Tabla 1.

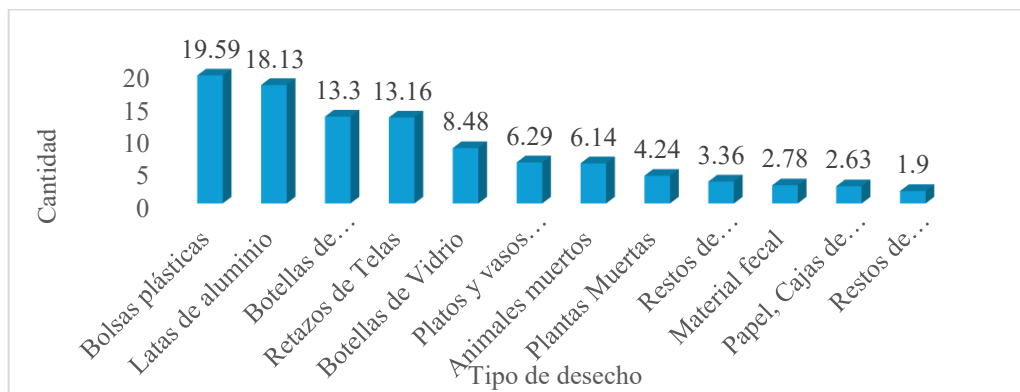
Consolidado de los desechos orgánicos e inorgánicos.

Categoría	Tipo de Desecho	Porcentaje (%)
Orgánico	Restos de alimentos	3.36
Orgánico	Animales muertos	6.14
Orgánico	Material fecal	2.78
Orgánico	Papel, Cajas de cartón	2.63
Orgánico	Plantas Muertas	4.24
Inorgánico	Bolsas plásticas	19.59
Inorgánico	Latas de aluminio	18.13
Inorgánico	Platos y vasos desechables	6.29
Inorgánico	Restos de electrodomésticos	1.90
Inorgánico	Retazos de Telas	13.16
Inorgánico	Botellas de Plástico	13.30
Inorgánico	Botellas de Vidrio	8.48

Como se muestra en la tabla 1 los resultados revelan que la mayor parte de los residuos corresponden a materiales inorgánicos, siendo las bolsas plásticas (19.59%), las latas de aluminio (18.13%) y las botellas plásticas (13.30%) los tres tipos de desechos más abundantes.

Figura 3.

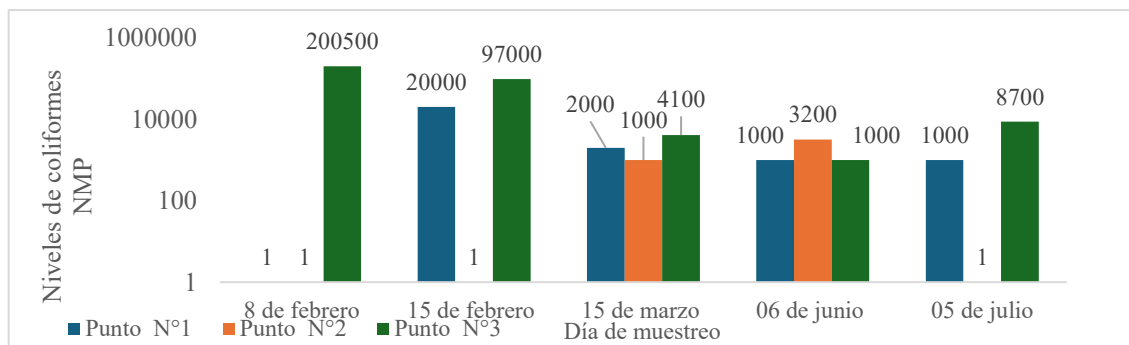
Consolidado de desechos orgánicos e inorgánicos de la quebrada La Ermita en Las Tablas, Panamá.



En la figura 3 se observa que los residuos inorgánicos predominan ampliamente, representando cerca del 81% del total, mientras que los orgánicos corresponden solo al 19%. Entre todos los desechos, los tres más abundantes son las bolsas plásticas (19.59%), las latas de aluminio (18.13%) y las botellas plásticas (13.30%).

Figura 4.

Consolidado de coliformes fecales en la quebrada la Ermita de febrero a julio.

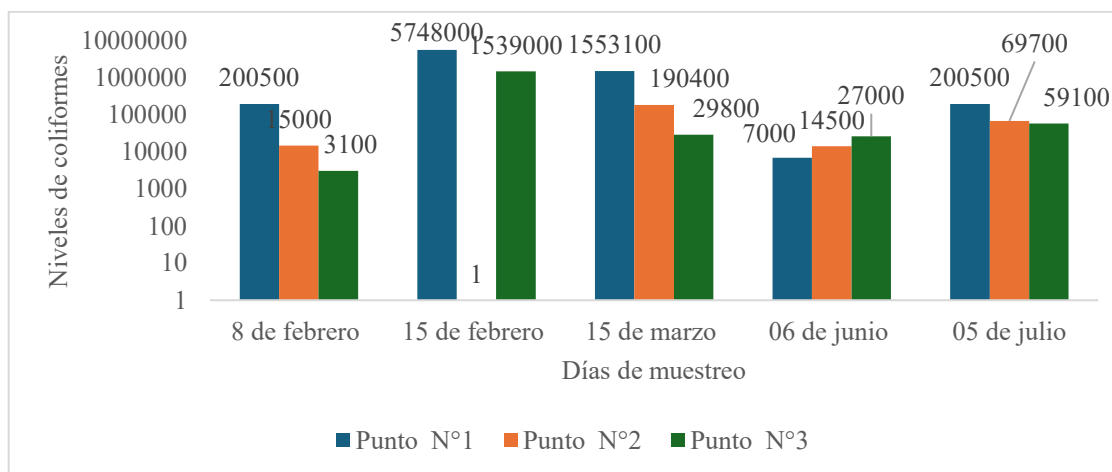


* Nota: NMP significa “Número Más Probable”.

La Figura 4 muestra los niveles de coliformes fecales en tres puntos de la quebrada La Ermita, medidos entre febrero y julio. Se observa que los niveles más altos se registraron en el punto N°3 durante los primeros muestreos: el 8 de febrero con 200,500 NMP, el 15 de febrero con 97,000 NMP y el punto N°2 el 15 de febrero con 20,000 NMP.

Figura 5.

Consolidado de coliformes totales en la quebrada La Ermita de febrero a julio



La figura 5 muestra los niveles de coliformes totales en los tres puntos de la quebrada La Ermita entre febrero y julio, destacando valores máximos como el del punto N°1 el 15 de febrero, con 5,748,000 coliformes, seguido por el punto N°2 el mismo día, con 1,539,000 coliformes, y el punto N°3 nuevamente el 15 de febrero, con 1,553,100 coliformes.

Discusión

La gestión inadecuada de residuos sólidos durante y después de eventos masivos, como los carnavales, representa un reto ambiental significativo en Centroamérica y Panamá. Según los datos recopilados, los desechos inorgánicos constituyen la mayor proporción de residuos generados, destacando las bolsas plásticas (19.59%), latas de aluminio (18.13%), botellas plásticas (13.30%) y retazos de telas (13.16%). En conjunto, estos cuatro tipos de desechos representan aproximadamente el 64.18% del total, evidenciando una marcada tendencia hacia el consumo de productos desechables y de un solo uso.

Las investigaciones confirman que los plásticos son los desechos más abundantes y una preocupación principal. Un estudio en el río La Villa identificó los restos de alimentos y las bolsas y botellas plásticas como el desecho más abundante. En el monitoreo de la temporada seca de 2023, los desechos plásticos representaron el 46% del total de residuos inorgánicos encontrados. Otro estudio en el río La Villa (2020) reportó que las bolsas plásticas constituían el 29% de los

residuos inorgánicos y las botellas plásticas el 14%. La alta presencia de estos materiales evidencia una marcada tendencia hacia el consumo de productos desechables y de un solo uso. A pesar de la existencia de la Ley 1 de 2018 en Panamá para promover el uso de bolsas reutilizables, su implementación no ha frenado el uso de plásticos en Herrera y Los Santos, indicando una poca cultura ambiental (Camarena *et al.*, 2021; Camarena *et al.*, 2024; Arosemena *et al.*, 2024).

Por otro lado, los desechos orgánicos, aunque en menor proporción, también son relevantes. Los animales muertos (6.14%), plantas muertas (4.24%) y restos de alimentos (3.36%) suman un 13.74%, lo que indica el impacto negativo que la contaminación y el uso de productos químicos, como el cloro vertido por cisternas, tienen sobre la fauna local, especialmente anfibios y peces (Saaristo *et al.*, 2018).

La acumulación de residuos se incrementa notablemente durante la celebración de carnavales, alcanzando su punto máximo el 15 de febrero, para luego disminuir debido a factores climáticos como las lluvias intensas que arrastran los desechos hacia cuerpos de agua mayores, afectando ecosistemas acuáticos río abajo. Este fenómeno ha sido documentado en la cuenca del río Perales y Guararé, donde la contaminación por residuos sólidos y químicos ha causado la muerte de al menos un 6.14 % de animales observados, entre anfibios y sardinas, lo que concuerda con estudios previos sobre el impacto de los residuos en la biodiversidad acuática (Häder *et al.*, 2020).

La predominancia de desechos inorgánicos, especialmente plásticos y metales plantea desafíos para la gestión ambiental, ya que estos materiales tienen tiempos de degradación muy prolongados y tienden a acumularse en los ecosistemas, generando riesgos para la fauna y la salud humana (Islam, 2025). Por ello, es fundamental fortalecer las estrategias de educación ambiental, así como implementar sistemas de recolección y reciclaje eficientes durante eventos masivos.

Los carnavales son una actividad profundamente arraigada en la región de estudio, específicamente en el distrito de Las Tablas, provincia de Los Santos. Esta celebración contribuye de manera notable al incremento de la basura y a su inadecuada disposición. Se ha observado que, durante los carnavales, grandes volúmenes de agua utilizada para las "mojaderas" (actividades recreativas con agua), tras ser mezclada con lixiviados y materia orgánica e inorgánica, regresan al sistema de

alcantarillado, magnificando la contaminación de la quebrada La Ermita. Esto ilustra cómo eventos temporales pero masivos pueden tener un impacto desproporcionado en la carga de residuos y la calidad del agua (Camarena *et al.*, 2021).

En el estudio microbiológico de la quebrada La Ermita (figura 4) se observa que los niveles más altos se registraron en el punto N°3 con 200,500 NMP y con 97,000 NMP y el punto N°2 con 20,000 NMP. Estos resultados altos en contaminación por coliformes fecales, especialmente después de los carnavales, son consistentes con la problemática de la contaminación hídrica de origen antropogénico discutida en el artículo de Camarena *et al.*, (2024) sobre el río La Villa. Este estudio sobre el río La Villa, ubicado en la misma región de Azuero (entre Herrera y Los Santos), clasifica y cuantifica los desechos sólidos antropogénicos y determina la calidad sanitaria del agua mediante indicadores de coliformes fecales y totales. Aunque el estudio se realizó durante la temporada seca de 2023, la cual puede incluir el periodo de carnavales, no se hace una mención explícita que vincule directamente los picos de coliformes a la celebración de carnavales dentro de los hallazgos de este estudio en particular. Sin embargo, los mecanismos y causas de contaminación que describen son totalmente aplicables a su observación.

El estudio de Camarena *et al.*, (2024) en el río La Villa utilizó como referencia el Reglamento Técnico 75-2008 de Panamá. Esta norma establece los límites de calidad ambiental para aguas continentales de uso recreativo. Específicamente, para actividades recreativas de contacto primario (como bañarse o nadar), el límite máximo permitido de coliformes fecales no debe ser superior a 250 UFC/100 mL (Unidades Formadoras de Colonias) (Ministerio de Salud, 2008) La presencia de coliformes fecales en fuentes de agua impacta directamente el riesgo sanitario, dado que representan la probabilidad de diseminar agentes contaminantes capaces de provocar enfermedades transmitidas por el agua en humanos y animales (Torres *et al.*, 2009).

La figura 5 revela fluctuaciones importantes en los niveles de coliformes totales en los tres puntos muestreados en la quebrada La Ermita entre febrero y julio. Los máximos absolutos se registraron el 15 de febrero, en pleno carnavales. Estos valores superan ampliamente los umbrales señalados en normativas internacionales y nacionales, lo que indica un serio problema de contaminación microbiana en el cuerpo de agua evaluado.

Los resultados muestran un comportamiento típico: el notable incremento de coliformes totales durante la temporada lluviosa frente a la seca, según Camarena *et al.*, (2024). Esto coincide con lo reportado por la literatura sobre la influencia de las precipitaciones en el arrastre de materia orgánica y microorganismos al sistema fluvial, derivados tanto de actividades humanas (descargas domésticas, ganadería, agricultura) como excretas de animales silvestres y domésticos. Tal fenómeno es explicado acertadamente por Molina y Calvo, (2010), quienes señalan que los eventos de lluvia elevan el transporte de contaminantes hacia cuerpos de agua superficiales.

De acuerdo con la norma mexicana NOM-001-ECOL-1996 para aguas residuales que se descargan en cuerpos receptores, el límite máximo permisible de coliformes fecales es de 1,000 UFC/100 mL para aguas de uso recreativo sin contacto primario y de 200 UFC/100 mL para contacto primario (SEMARNAT, 2021). Normas internacionales como la EPA (Estados Unidos) establecieron límites semejantes (EPA, 2025). Los niveles detectados en los tres puntos de muestreo de la quebrada La Ermita sobrepasan estos valores en varias órdenes de magnitud, particularmente durante la temporada lluviosa.

Asimismo, la OMS (2006) recomienda que para aguas recreativas los coliformes totales no superen los 1,000 UFC/100 mL para minimizar riesgos sanitarios, cifra ampliamente excedida en los resultados presentados.

Nuestro trabajo muestra que la escorrentía proveniente de los tanques cisterna y de los desechos humanos, durante los carnavales, son arrastrados desde el Parque Porras hasta la quebrada La Ermita por canales superficiales lo que conlleva a una degradación de la calidad del agua debido al arrastre superficial, incrementando la carga orgánica y microbiana (Sivakumar *et al.*, 2022).

En conclusión, los resultados evidencian que la mayor parte de los residuos sólidos generados en la zona estudiada corresponden a desechos inorgánicos, especialmente bolsas plásticas, latas de aluminio, botellas plásticas y retazos de tela, que en conjunto representan más del 64% del total. Esta alta concentración de materiales de difícil degradación representa un desafío considerable para la gestión ambiental local y contribuye a la contaminación persistente de la quebrada La Ermita.

Se constató un aumento significativo en la acumulación de residuos sólidos durante el periodo de carnavales, lo cual se refleja en la degradación de la calidad del agua por el arrastre superficial de desechos desde zonas como Parque Porras hacia la quebrada La Ermita. Este proceso incrementa la carga orgánica y microbiana, afectando la salud de los ecosistemas acuáticos y aumentando los riesgos sanitarios para las comunidades aledañas.

Los niveles de coliformes fecales y totales detectados en los puntos muestreados superan ampliamente los límites máximos permitidos por normativas nacionales (Reglamento Técnico 75-2008, Panamá) e internacionales (NOM-001-ECOL-1996 de México, EPA, OMS). Estos hallazgos confirman una contaminación microbiana grave que pone en riesgo la salud pública y el equilibrio ecológico local, especialmente durante la temporada lluviosa.

Ante la persistencia de materiales desechables y la baja cultura ambiental observada, se recomienda implementar estrategias integrales que incluyan programas de educación ambiental, fortalecimiento de la recolección y reciclaje de residuos sólidos, y control efectivo durante eventos masivos para minimizar el impacto ambiental y sanitario.

El seguimiento continuo de la calidad del agua y la estricta aplicación de las normas existentes son vitales para prevenir y mitigar la contaminación derivada de la escorrentía urbana y las actividades humanas, particularmente en áreas sensibles como quebradas y ríos de zonas urbanas y periurbanas.

Agradecimiento

Le agradecemos primero a Dios, por darnos la oportunidad de realizar esta investigación. A nuestros padres por brindarnos su apoyo. A la Profesora de matemáticas Kathia Saucedo; a la profesora de inglés Lourdes Amparo, por la traducción del resumen; a la profesora de español Toribia López, por su ayuda en la corrección y revisión del trabajo; a la profesora Lidia Chávez, por sus atinados comentarios; al Dr. Alexis de la Cruz, por orientarnos y ofrecer su laboratorio.

Referencias bibliográficas

Acosta, M., Sáenz, M. del R., Gutiérrez, B., & Bermúdez, J. L. (2011). Sistema de salud de El Salvador. *Salud Pública de México*, 53(Supl. 2), s188–s196.

- Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. UU. (2025). EPA.gov. Recuperado el 5 de octubre de 2025, de <https://www.epa.gov>
- Ashbolt, N.J. (2015). Microbial contamination of drinking water and human health from community water systems. *Current Environmental Health Reports*, 2(1), 95–106. <https://doi.org/10.1007/s40572-014-0037-5>
- Camarena, F., Arosemena, L., y De León, E. (2022). Impacto de los desechos generados por la población sobre la calidad del agua del Río La Villa (Panamá). *Revista Redes*, 1(14), 100-122.
- Eugenio Córdova, K. M., y Ortiz Tejedor, J. G. (2025). Calidad microbiológica del agua perteneciente a la parroquia San Bartolomé de Pinllo, Ambato – Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 8311-8323. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16477
- FAO. (2025). Panorama regional de la seguridad alimentaria y la nutrición para América Latina y el Caribe 2024. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <https://doi.org/10.4060/cd3877es>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). The state of food and agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb1447en>
- Grupo de Investigación de Economía Ecológica. (2016). Ecología política de la basura. 330 pp.
- Häder, D., Banaszak, A., Villafañe, V., Villafañe, V., Narvarte, M., González, R., Helbling, E., & Helbling, E. (2020). Contaminación antropogénica de ecosistemas acuáticos: Problemas emergentes con implicaciones globales. *The Science of the total environment*, 7(13), 136586. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136586>
- Islam, F. (2025). El impacto de los residuos plásticos en los ecosistemas y la salud humana, y estrategias para su gestión para un entorno sostenible. *Revista Internacional de Última Tecnología en Gestión de Ingeniería y Ciencias Aplicadas*, 14(3), 706-723. <https://doi.org/10.51583/IJLTEMAS.2025.140300075>
- La República, (2024). El país de América Latina que tiene los ríos más contaminados: mueren 900 niños al año por enfermedades. <https://larepublica.pe/mundo/2024/09/01/el-pais-de-america-latina-que-tiene-los-rios-mas-contaminados-mueren-900-ninos-al-ano-por-enfermedades-77499>
- Ministerio de Ambiente de Panamá, (2024). Refuerzan conocimiento a personal de MiAMBIENTE en Panamá Este para atender casos de contaminación a las fuentes hídricas. <https://miambiente.gob.pa/refuerzan-conocimiento-a-personal-de-miambiente-en-panama-este-para-atender-casos-de-contaminacion-a-las-fuentes-hidricas/>
- Ministerio de Salud de Panamá, (2008). Norma Primaria de Calidad Ambiental y Niveles de Calidad para las Aguas Continentales de Uso Recreativo con y sin Contacto Directo (Decreto Ejecutivo No. 75). Gaceta Oficial No. 26078. https://www.ecoingemar.com/en/_files/ugd/427757_4c5a4ba106b4421e93b815ba0cbfcf3c.pdf
- Mora-Molina, J., y Calvo-Brenes, G. (2010). Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa. *Tecnología en Marcha*, 23 (Extra-5), 34–40. Dialnet - Universidad de La Rioja.
- OMS, (2006). Guías para la calidad del agua potable: Volumen 1. Recomendaciones (3.^a ed.). Ginebra: OMS. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/37736/9243544608-spa.pdf>

- Organización Mundial de la Salud, (2017). Directrices para la calidad del agua potable: Incorporando el enfoque de gestión de riesgos de la seguridad del agua (4.^a ed.). <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
- Organización Mundial de la Salud, (2023). Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2022: Special focus on inequalities. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240060807>
- Saaristo, M., Brodin, T., Balshine, S., Bertram, M., Brooks, B., Ehlman, S., McCallum, E., Sih, A., Sundin, J., Wong, B. & Arnold, K. (2018). Efectos directos e indirectos de los contaminantes químicos en el comportamiento, la ecología y la evolución de la fauna silvestre. *Actas de la Royal Society B: Biological Sciences*, 285, 18885, (10). <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1297>.
- SEMARNAT, (2021). NOM-001-SEMARNAT-2021: Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. Diario Oficial de la Federación. Normatividad en México para el tratamiento de agua residual. <https://www.carsaambiental.com/2023/03/11/normatividad-en-mexico-para-el-tratamiento-de-agua-residual/>
- Sivakumar, V., Chidambaram, S., Velusamy, S., Rathinavel, R., Shanmugasundaram, D., Sundararaj, P., Shanmugamoorthy, M., Thangavel, R. y Balu, K. (2022). Un enfoque integrado para la evaluación del impacto de la calidad del agua de tanques y del agua subterránea en la región de Coimbatore, sur de la India: implicaciones de las actividades antropogénicas. *Monitoreo y Evaluación Ambiental*, 195, 88, (2023). <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10598-4>
- Swissinfo, (2025). La contaminación y el acceso al agua son los retos de Centroamérica en materia hídrica. <https://www.swissinfo.ch/spa/la-contaminaci%C3%B3n-y-el-acceso-al-agua-son-los-retos-de-centroam%C3%A9rica-en-materia-h%C3%ADdrica/89050875>
- Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. J. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 1-20.
- UNICEF & World Health Organization. (2023). Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2022: Special focus on inequalities. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240060807>
- Velázquez-Chávez, L. J., Ortiz-Sánchez, I. A., Chávez-Simental, J. A., Pámanes-Carrasco, G. A., Carrillo-Parra, A., y Pereda-Solís, M. E. (2022). Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola nacional e internacional. TIP. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 25, e482. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.482>
- World Health Organization, (2017). Guidelines for drinking-water quality (4th ed.). WHO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
- WHO, (2019). Drinking water. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

La Astronomía como Recurso Didáctico en la Enseñanza de la Física: Revisión de la Literatura Académica

Astronomy as a Didactic Resource in Physics Education: A Review of the Academic Literature

Adam's Martínez Soto

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología¹,

adams.martinez@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0001-8060-686X>

Recibido: 04/07/2025

Aprobado: 06/10/2025

Doi: <https://doi.org/10.48204/rea.v4n2.8840>

Resumen

Se presentan un análisis sobre el papel de la astronomía como herramienta didáctica en la enseñanza de la física, explorando su impacto en el interés estudiantil, el desarrollo del pensamiento crítico y la comprensión de conceptos fundamentales. Con este propósito, se consultaron bases de datos académicas para identificar estudios relevantes que propusieran metodologías o experiencias educativas centradas en la integración de la astronomía en la enseñanza de la física. Los trabajos seleccionados fueron clasificados en cuatro ejes de análisis: enseñanza, interés, interdisciplinariedad y percepciones estudiantiles. Los resultados evidencian que la incorporación de contenidos astronómicos en el currículo de física tiene un alto potencial para enriquecer el aprendizaje, aumentar la motivación y transformar las prácticas pedagógicas en las ciencias.

Palabras clave: Astronomía, enseñanza de la física, alfabetización científica, pensamiento crítico, interdisciplinariedad.

Abstract

We present the results of the analysis of the role of astronomy as a didactic tool in physics teaching, exploring its impact on student interest, the development of critical thinking and the understanding of fundamental concepts. For this purpose, academic databases were consulted to identify relevant studies that proposed methodologies or educational experiences focused on the integration of astronomy in physics teaching. The selected works were classified into four areas of analysis: teaching, interest, interdisciplinarity and student perceptions. The results show that the incorporation of astronomical content in the physics curriculum has a high potential to enrich learning, increase motivation and transform teaching practices in science.

Keywords: Astronomy, physics education, scientific literacy, critical thinking, interdisciplinarity.

Introducción

¹ Grupo de Investigación en Astronomía, Astrofísica y Ciencias Espaciales
Ministerio de Educación, Colegio Dr. Harmodio Arias Madrid

La astronomía ha sido una ciencia fundamental en la historia de la humanidad, desempeñando un papel clave en el desarrollo del conocimiento y la alfabetización científica. Su importancia cultural es innegable, ya que ha estado presente en todas las civilizaciones como herramienta para la medición del tiempo, la navegación y el impulso de avances científicos y tecnológicos (Varela Perez, 2023). Además, su impacto trasciende las aplicaciones prácticas, al ofrecer un sentido de temporalidad y autotranscendencia que conecta a las personas con el universo (Stoeger, 1996).

Desde una perspectiva educativa, la astronomía se distingue por su carácter interdisciplinario, lo que la convierte en un recurso valioso para integrar diversas disciplinas científicas en los planes de estudio (Wentzel, 1971). Investigaciones han señalado que su inclusión curricular permite a los estudiantes construir un conocimiento más próximo a los modelos científicos, lo cual puede prevenir dificultades educativas en niveles superiores (Delgado-Serrano & Cubilla, 2012).

Por otro lado, la enseñanza de la física presenta importantes desafíos en los niveles básico y medio debido a su naturaleza abstracta y altamente matemática. En este contexto, la astronomía puede funcionar como un puente que facilite la comprensión de conceptos físicos, al ofrecer ejemplos visuales y aplicaciones prácticas. Estudios han demostrado que la astronomía genera un alto grado de interés entre los estudiantes, lo que favorece su motivación y promueve un aprendizaje significativo (Good *et al.*, 2023; Murcia Rocha *et al.*, 2022). Esta conexión se refuerza al emplear enfoques interdisciplinarios alineados con la teoría de los campos conceptuales, que promueven una comprensión más profunda de los fenómenos científicos (Ficu-Vica, 2018).

Además, la astronomía cumple un papel esencial en la educación científica al mostrar que la ciencia es un esfuerzo humano con implicaciones sociales y filosóficas, más allá de la mera acumulación de hechos (Wentzel, 1971). Su incorporación en la enseñanza de la física permite ilustrar la evolución del pensamiento científico y la relevancia de los avances tecnológicos en el progreso del conocimiento (Belloni *et al.*, 2013; Beznosko *et al.*, 2022; Bretones, 2019; Davies *et al.*, 2002). Esta perspectiva puede contribuir a mejorar la alfabetización científica y a motivar a los estudiantes hacia carreras en ciencia y tecnología, especialmente en contextos donde se requiere el fortalecimiento del talento humano en estas áreas (De Greve *et al.*, 2011; Oliveira, 2020).

No obstante, diversos estudios han evidenciado que, pese a sus beneficios, la astronomía aún ocupa un lugar marginal en los currículos escolares y universitarios. Gómez, (2015) señala que esta situación se debe, en gran parte, a la escasa formación específica del profesorado y a la débil articulación entre la astronomía moderna y su enseñanza en el aula. Esta desconexión limita su integración efectiva como recurso didáctico y plantea la necesidad de revisar los planes de estudio de ciencias para incorporar la astronomía de forma sistemática y significativa.

En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo analizar el papel de la astronomía como herramienta didáctica en la enseñanza de la física, explorando su impacto en la motivación estudiantil, el desarrollo del pensamiento crítico y la comprensión de conceptos fundamentales de esta disciplina.

Metodología

Este estudio se desarrolló bajo el enfoque de una revisión narrativa de literatura, con el propósito de analizar el papel de la astronomía como herramienta didáctica en la enseñanza de la física. Para ello, se revisaron aproximadamente 75 publicaciones académicas publicadas entre 1970 y 2024, seleccionadas en repositorios reconocidos como Google Académico, SciELO, ArXiv y Taylor & Francis Online. Este rango temporal permitió abarcar desde los primeros aportes sobre didáctica de la astronomía hasta investigaciones recientes que responden a los desafíos actuales de la educación científica. Se priorizaron estudios que abordaran la relación entre astronomía y física, el impacto en la motivación estudiantil, la comprensión conceptual, así como el uso de enfoques pedagógicos aplicados.

La selección de artículos se realizó con base en criterios de inclusión y exclusión previamente definidos, priorizando investigaciones con aplicación educativa y evidencia empírica o análisis fundamentados. Se excluyeron trabajos sin conexión explícita con la enseñanza o centrados exclusivamente en contenidos teóricos. Posteriormente, los estudios fueron organizados y analizados en función de cuatro categorías de análisis: enseñanza de la astronomía, interés por la física, conexiones interdisciplinarias y percepciones y actitudes de los estudiantes. Estas

categorías, presentadas en la Tabla 1, permitieron estructurar los hallazgos de forma sistemática y facilitar la identificación de tendencias, vacíos y aportes relevantes en la literatura revisada.

Tabla 1.

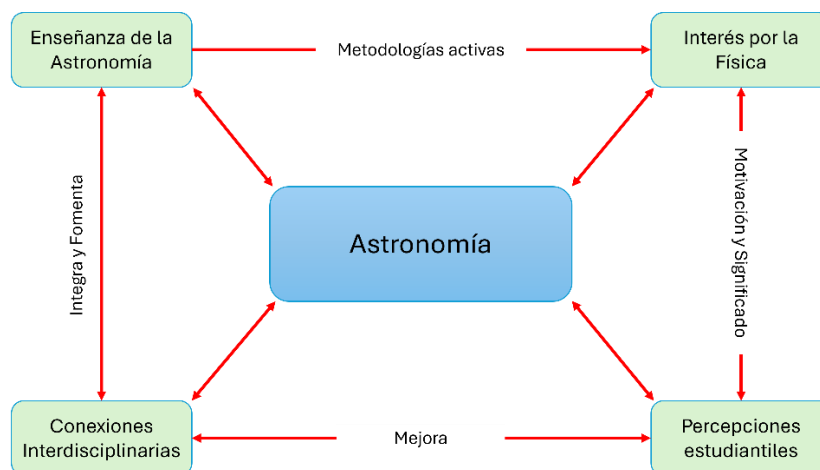
Categorías de análisis en la enseñanza de la astronomía y su impacto educativo.

Categoría	Descripción
<i>Enseñanza de la astronomía</i>	Examina los métodos, enfoques pedagógicos y recursos utilizados para enseñar astronomía en entornos educativos. Incluye la evaluación de prácticas efectivas y herramientas innovadoras.
<i>Interés por la física</i>	Analiza cómo la enseñanza de la astronomía influye en la motivación y percepción de los estudiantes hacia la física.
<i>Conexiones interdisciplinarias</i>	Investiga las sinergias entre la astronomía y otras disciplinas científicas, explorando la integración de conceptos astronómicos con otras ramas de la ciencia.
<i>Percepciones y actitudes de los estudiantes</i>	Explora las actitudes, creencias y percepciones de los estudiantes sobre la astronomía y su impacto en el interés por la física y otras ciencias.

Estas categorías se representaron gráficamente mediante un diagrama de flujo, con el objetivo de sintetizar su interrelación y facilitar la comprensión del enfoque analítico adoptado (ver Figura 1).

Figura 1.

Diagrama conceptual de las interconexiones entre la Astronomía y categorías analizadas



Resultados de la Revisión de la Literatura

La revisión bibliográfica incluyó un conjunto diverso de 50 estudios publicados entre 1970 y 2024, seleccionados mediante criterios específicos y organizados en torno a cuatro categorías de análisis: enseñanza de la astronomía, interés por la física, conexiones interdisciplinarias y percepciones estudiantiles. Estas categorías permitieron estructurar la revisión y evidenciar tendencias clave sobre el papel de la astronomía en la educación científica.

Resultados por Categoría de Análisis

Enseñanza de la Astronomía

La astronomía ha demostrado ser una herramienta didáctica eficaz para mejorar la comprensión científica y despertar el interés por la ciencia. Su uso en el aula permite contextualizar principios científicos fundamentales a través de la observación y la experimentación, facilitando una comprensión más profunda de la física y otras ciencias (Irineu, 2022; Schatzman, 1972). Su naturaleza interdisciplinaria favorece la integración de diversas disciplinas científicas, promoviendo el compromiso estudiantil con el currículo de ciencias y fomentando la alfabetización científica (Ficu-Vica, 2018; Salimpour *et al.*, 2024).

Además, la astronomía desempeña un papel clave en la identificación y corrección de concepciones alternativas que los estudiantes puedan tener sobre los modelos científicos, lo que resalta la necesidad de desarrollar estrategias pedagógicas que guíen su reconstrucción conceptual (Delgado-Serrano & Cubilla, 2012; Iglesias *et al.*, 2008). La formación docente también es un factor determinante en la enseñanza efectiva de la astronomía, ya que los desafíos en la transmisión de estos conceptos subrayan la importancia de programas educativos específicos para preparar mejor a los profesores (Langhi & Nardi, 2005; Perales Palacios, 1996). En esta línea, Bretones (2019) propone una formación docente articulada con investigación, que promueva un enfoque crítico y contextualizado de la enseñanza de la astronomía.

El uso de herramientas didácticas innovadoras, como los mapas celestes, mejora la relación de los estudiantes con las ciencias exactas al conectar el conocimiento teórico con observaciones del

mundo real (Irineu, 2022). De manera similar, el desarrollo de actividades experimentales contribuye a hacer el aprendizaje más atractivo y relevante para la vida cotidiana de los estudiantes, promoviendo un aprendizaje significativo (Camino, 2021). En general, la integración de la astronomía en la educación no solo fortalece el currículo, sino que también contribuye a inspirar vocaciones científicas en un contexto de creciente desinterés por la ciencia y la tecnología (De Greve *et al.*, 2011).

Interés por la Física

La astronomía puede ser un recurso clave para aumentar el interés por la física, ya que ofrece un enfoque contextual y atractivo para el aprendizaje de sus principios fundamentales. En estudios realizados en Brasil, el uso de mapas celestes permitió a los estudiantes conectar conocimientos teóricos con observaciones prácticas, fortaleciendo su relación con las ciencias exactas (Irineu, 2022). Este enfoque es consistente con la teoría de los campos conceptuales, que apoya la integración de la astronomía en la enseñanza de la física para favorecer un aprendizaje más profundo (Ficu-Vica, 2018).

Además, la astronomía proporciona un vasto conjunto de datos científicos y herramientas interactivas que hacen que el aprendizaje sea más dinámico y accesible, lo que la convierte en una estrategia efectiva para atraer a los jóvenes hacia las ciencias (De Greve *et al.*, 2011). Su inclusión en los planes de estudio también ayuda a corregir ideas erróneas y errores conceptuales comunes en los libros de texto, mejorando la calidad de la educación científica (García Barros *et al.*, 1997; Giordano, 2021).

Al presentar la ciencia como un esfuerzo humano con implicaciones filosóficas y sociales, la astronomía amplía la comprensión de los estudiantes sobre el impacto del conocimiento científico en la sociedad (Wentzel, 1971). En este sentido, su integración en la educación no solo mejora la enseñanza de la física, sino que también fomenta un interés sostenido en las ciencias a largo plazo.

Conexiones Interdisciplinarias

La astronomía permite la integración de múltiples disciplinas científicas, como la biología, la geografía y la matemática. Su papel histórico como puente entre distintos campos del conocimiento ha impulsado el desarrollo científico y tecnológico a lo largo del tiempo (Valls-Gabaud & Boksenberg, 2009). En el ámbito educativo, su capacidad para conectar diversas áreas del saber la convierte en una herramienta valiosa para la enseñanza interdisciplinaria (Bozzoli, 2020; Egoyan, 2005; Folhas, 2022; Korur *et al.*, 2016; Minin & Rossi, 2020; Plotnick *et al.*, 2009; Rodrigues *et al.*, 2023).

Las metodologías basadas en la astronomía pueden enriquecer el aprendizaje de la física al vincular conceptos abstractos con experiencias prácticas, como la creación de mapas celestes, que refuerzan la relación entre teoría y observación (Gangui *et al.*, 2018; Muñoz & Romero-Chacón, 2019). Una experiencia desarrollada en Colombia por Arenas & Gómez, (2023) evidenció cómo la astronomía puede funcionar como eje articulador del conocimiento escolar. A través de una unidad didáctica integrada, se abordaron contenidos de física, matemáticas, lenguaje y tecnología mediante actividades prácticas, mejorando significativamente la motivación, participación y apropiación del conocimiento por parte de los estudiantes.

Sin embargo, los desafíos en la formación docente y la persistencia de conceptos erróneos destacan la importancia de desarrollar estrategias educativas que fortalezcan estas conexiones interdisciplinarias (Langhi & Nardi, 2005; Santos & Soares, 2023). Esta necesidad se vincula directamente con la alfabetización científica como objetivo común de la enseñanza de las ciencias.

Percepciones y Actitudes de los Estudiantes

Los estudios revisados indican que la astronomía influye positivamente en la actitud de los estudiantes hacia la ciencia. La combinación de contenidos astronómicos con experiencias prácticas genera un impacto duradero en su interés por la investigación y el pensamiento crítico. Sin embargo, muchos estudiantes mantienen concepciones alternativas alejadas de los modelos científicos, lo que resalta la necesidad de estrategias pedagógicas que fomenten la construcción activa del conocimiento (Giordano, 2021; Karaseur *et al.*, 2022; Mazzolini, 2002; Oliveira *et al.*, 2021; Pozo *et al.*, 1992).

A pesar de estos desafíos, la astronomía resulta especialmente atractiva para los estudiantes en comparación con otras disciplinas científicas, lo que se traduce en una mayor motivación y una mejora en sus habilidades para la resolución de problemas. En este sentido, la enseñanza de la astronomía no solo fortalece el aprendizaje de los estudiantes, sino que también contribuye a generar una actitud más favorable hacia la ciencia y la tecnología en la sociedad (Good *et al.*, 2023; Valderrama *et al.*, 2021; Volansky & Lottem, 2023).

Situación Particular de la Enseñanza de la Astronomía en Panamá

En Panamá, la enseñanza de la astronomía enfrenta desafíos significativos, como la falta de recursos y la insuficiente capacitación docente. No obstante, los cursos de NASE (Network for Astronomy School Education) de la Oficina de Astronomía para la Educación (OEA-IAU), han demostrado ser una estrategia efectiva para fortalecer la educación astronómica y su integración con la enseñanza, implementados en el país en el 2011. Esta iniciativa ha promovido talleres interactivos sobre temas como el sistema solar, la evolución estelar y la astrobiología (Martínez *et al.*, 2022).

A pesar del impacto positivo de estos cursos, persisten retos en la formación de más instructores y en la integración efectiva de la astronomía dentro del currículo escolar. La evaluación continua del programa ha permitido refinar sus metodologías y ampliar su alcance con el objetivo de mejorar la calidad de la educación astronómica en el país.

El caso de Panamá refleja una realidad compartida por muchos países de Hispanoamérica, donde la astronomía continúa estando subrepresentada en los planes de estudio formales. Esta situación pone de manifiesto la necesidad de implementar iniciativas educativas que contribuyan a reducir estas brechas, promoviendo experiencias de aprendizaje interactivas y fomentando la colaboración entre docentes y astrónomos profesionales (Corti *et al.*, 2022; Iglesias *et al.*, 2008; Pedreros Martínez, 2019). En este contexto, la enseñanza de la astronomía no solo facilita la apropiación de conceptos físicos, sino que también constituye un espacio formativo estratégico para abordar problemáticas ambientales contemporáneas, como la contaminación lumínica, desde una perspectiva local y contextualizada.

Discusión

Impacto de la Astronomía en la Educación Científica

La literatura revisada evidencia que la astronomía es una herramienta poderosa para la educación científica, ya que facilita la integración de diversas disciplinas y favorece un aprendizaje significativo. Su uso en el aula permite a los estudiantes contextualizar principios científicos fundamentales mediante la observación y la experimentación, lo que mejora su comprensión de la física y de otras áreas (Irineu, 2022; Oliveira, 2020; Schatzman, 1972).

Este potencial interdisciplinario también ha sido evidenciado en experiencias concretas, como la secuencia didáctica desarrollada por Tabares, (2022) en contextos no formales, donde la astronomía sirvió como eje integrador entre ciencia, historia y cultura. Su estudio mostró cómo la experimentación cualitativa-exploratoria transformó las concepciones de docentes en formación, evidenciando que la astronomía puede actuar como eje articulador del conocimiento y como motor para la construcción activa del mismo.

Además, su enfoque interdisciplinario promueve la conexión entre el conocimiento teórico y las experiencias prácticas, enriqueciendo el currículo y contribuyendo a inspirar vocaciones científicas (De Greve et al., 2011; Ficu-Vica, 2018; Murcia Rocha et al., 2022). No obstante, se identifican desafíos, en particular, la necesidad de corregir concepciones alternativas y mejorar la formación docente para maximizar el potencial educativo de la astronomía y a su vez fortalecer la naturaleza de la ciencia (Castiblanco Abril & Vizcaíno Arévalo, 2023; Delgado-Serrano & Cubilla, 2012; Perales Palacios, 1996).

Astronomía como Estrategia para el Interés en la Ciencia

Los estudios analizados muestran que la astronomía actúa como un catalizador para despertar y sostener el interés por la ciencia. En contextos como Brasil, el uso de mapas celestes ha permitido a los estudiantes vincular la teoría con observaciones reales, lo que refuerza la comprensión de conceptos científicos. Este enfoque, apoyado por la teoría de los campos conceptuales, demuestra que la integración de la astronomía en la enseñanza de la física puede fomentar un aprendizaje más profundo (Ficu-Vica, 2018).

Asimismo, la astronomía ofrece acceso a datos científicos reales y herramientas digitales interactivas que dinamizan el aprendizaje, corrigen errores conceptuales y fomentan el interés por las carreras científicas (De Greve *et al.*, 2011; García Barros *et al.*, 1997). Además, su dimensión cultural y filosófica amplía la percepción que tienen los estudiantes sobre la ciencia como una construcción social e histórica, enriqueciendo su interés y comprensión del conocimiento científico (Rosenberg *et al.*, 2013; Stoeger, 1996; Valls-Gabaud & Boksenberg, 2009; Wentzel, 1971).

Retos y Oportunidades en la Formación Docente

La formación del profesorado representa uno de los principales retos para la enseñanza efectiva de la astronomía. Diversos estudios destacan limitaciones vinculadas a metodologías, factores personales, falta de materiales y debilidades en infraestructura educativa (Langhi & Nardi, 2005). Bretones (2019) advierte que, pese al avance en investigación didáctica, la astronomía sigue relegada en el currículo formal y en la formación inicial de profesores, por lo que urge fortalecer comunidades académicas que articulen investigación, práctica y política educativa.

En este sentido, (Camino, 1995, 2011, 2021) ha mostrado cómo la enseñanza basada en el cambio conceptual y la observación directa puede transformar las ideas previas sobre fenómenos astronómicos básicos. También, enfatiza la necesidad de una didáctica propia de la astronomía, que no se reduzca a aplicar metodologías generales, sino que considere sus particularidades epistemológicas y pedagógicas.

Complementariamente, Gómez Valverde (2015) critica la exclusión sistemática de la astronomía en los planes de estudio de formación docente, señalando una desconexión entre el conocimiento

astronómico actual y su enseñanza escolar. Esta situación limita su incorporación efectiva y plantea la necesidad de una reforma curricular que la integre como parte central del proceso formativo del profesorado.

Así, la consideración de factores como la diversidad de género, las trayectorias formativas y los contextos socioculturales puede enriquecer las prácticas pedagógicas. En este sentido, Rodrigues *et al.*, (2023) destacan la necesidad de programas que incluyan investigación, creatividad e inclusión como ejes para una formación docente crítica e innovadora, capaz de responder a los desafíos educativos contemporáneos.

A pesar de la riqueza de hallazgos recopilados, esta revisión presenta algunas limitaciones que deben considerarse. El enfoque narrativo utilizado, aunque adecuado para explorar tendencias y aportar una visión integradora, no garantiza una cobertura exhaustiva de toda la literatura disponible. Además, se priorizaron estudios accesibles en español e inglés, lo que puede haber excluido investigaciones relevantes en otros idiomas. Asimismo, gran parte de las publicaciones revisadas se basan en estudios cualitativos o experiencias puntuales, lo que dificulta generalizar sus resultados a otros contextos. Estas limitaciones evidencian la necesidad de futuras investigaciones que profundicen de manera empírica y comparativa el impacto sostenido de la astronomía en la enseñanza de la física.

Conclusiones

La evidencia recopilada en esta revisión confirma que la astronomía posee un alto potencial como recurso didáctico en la enseñanza de la física. Su carácter interdisciplinario y visual permite transformar contenidos abstractos en experiencias significativas, que no solo fortalecen la comprensión conceptual, sino que también despiertan el entusiasmo por la ciencia. Esta cualidad la convierte en una herramienta pedagógica especialmente valiosa en un contexto educativo que busca revitalizar el interés por las disciplinas STEM.

Más allá del contenido, la astronomía promueve ambientes de aprendizaje activos, centrados en la observación, la formulación de hipótesis y el razonamiento científico. Estas experiencias fomentan

habilidades transferibles como la argumentación, la resolución de problemas y la conexión entre teoría y práctica. En este sentido, su integración no constituye únicamente un enriquecimiento curricular, sino una oportunidad para renovar los enfoques tradicionales de la enseñanza de las ciencias.

Sin embargo, para que este potencial se traduzca en una mejora educativa concreta, es necesario atender los desafíos estructurales que obstaculizan su implementación. La falta de formación docente específica, la escasa presencia de la astronomía en los programas oficiales y la limitada disponibilidad de recursos didácticos continúan siendo limitaciones significativas. Por ello, se requiere avanzar hacia una integración sistemática, contextualizada y evaluable de la astronomía en la enseñanza de la física, que responda a las realidades locales y aproveche sus múltiples dimensiones educativas.

Recomendaciones y líneas para futura investigación

1. Fortalecer programas como NASE, que han demostrado ser eficaces en contextos similares al panameño, no solo replicándolos, sino adaptándolos a las realidades socioculturales y educativas de cada región. La sostenibilidad de estas iniciativas exige también el respaldo de políticas educativas que impulsen su integración formal en el currículo.
2. Fomentar el uso de metodologías activas en la enseñanza de la física, como la observación astronómica, la recolección de datos y la construcción de modelos simples. Estas prácticas pueden actuar como puentes entre lo abstracto y lo tangible, especialmente en contextos con limitaciones tecnológicas o materiales.
3. Diseñar programas de formación docente que incluyan la astronomía desde un enfoque didáctico. Esta formación no debe limitarse a la transmisión de contenidos, sino que debe promover competencias pedagógicas específicas y espacios de reflexión sobre concepciones alternativas, favoreciendo una enseñanza más crítica y contextualizada.
4. Impulsar investigaciones empíricas en contextos reales, que evalúen no solo el impacto conceptual de la astronomía, sino también su efecto en variables como la motivación, la

autopercepción científica del estudiante, o la apropiación de saberes en entornos rurales, interculturales o con baja exposición previa a la ciencia.

5. Explorar el potencial pedagógico de la astronomía cultural, integrando saberes ancestrales, cosmovisiones locales y fenómenos astronómicos observables a simple vista. Esta línea puede abrir nuevas posibilidades para una educación científica más contextualizada, inclusiva y culturalmente significativa.

La revisión aquí presentada no solo confirma el valor pedagógico de la astronomía en la enseñanza de la física, sino que invita a repensar su lugar en el currículo como una disciplina puente entre el conocimiento científico, la experiencia sensorial y el contexto cultural. En un mundo marcado por desafíos ambientales, tecnológicos y educativos, integrar la astronomía en la formación científica no es un lujo, sino una oportunidad estratégica para cultivar una ciudadanía crítica, curiosa y comprometida con el conocimiento. El camino hacia una educación científica más inclusiva, interdisciplinaria y transformadora está, literalmente, al alcance del cielo.

Agradecimientos

El presente artículo es resultado del trabajo de grado desarrollado en el marco de la Especialización en Enseñanza de la Física de la Universidad Tecnológica de Pereira (Colombia). La realización de este programa de posgrado fue posible gracias al respaldo financiero otorgado por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) de Panamá, a través de la Convocatoria Pública 2023 para la formación de educadores en el área de Ciencias Físicas.

Referencias bibliográficas

- Arenas Hernández, H. G., & Gómez Arbeláez, D. M. (2023). Vista de La astronomía como estrategia interdisciplinaria para fortalecer la gestión académica en la Institución Educativa San Antonio de Prado. *RHS-Revista Humanismo y Sociedad*, 11. <https://doi.org/https://doi.org/10.22209/rhs.v11n1a04>
- Belloni, M., Christian, W., & Brown, D. (2013). Teaching Astronomy Using Tracker. *The Physics Teacher*, 51(3), 149–151. <https://doi.org/10.1119/1.4792008>
- Beznosko, D., Krivosheev, T., & Iakovlev, A. (2022). Innovations in teaching of the Physics and Astronomy laboratories. *Proceedings of Science*, 414. <https://doi.org/10.22323/1.414.0368>

- Bozzoli, M. (2020). El concepto de observación y su rol en la enseñanza de la astronomía: una aproximación epistemológica. *Revista de Enseñanza de La Física*, 32(1), 157–173.
<https://doi.org/10.55767/2451.6007.V32.N1.28941>
- Bretones, P. S. (2019). Astronomy Education Research: Impact and Future Directions. *EPJ Web of Conferences*, 200, 01022. <https://doi.org/10.1051/EPJCONF/201920001022>
- Camino, N. E. (1995). Ideas previas y cambio conceptual en astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la Luna. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 13(1), 81–96.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4286>
- Camino, N. E. (2011). La Didáctica de la Astronomía como campo de Investigación e Innovación Educativa. *I Simpósio Nacional de Educação Em Astronomia*.
- Camino, N. E. (2021). Diseño de actividades para una didáctica de la Astronomía vivencialmente significativa. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias*, 16(1).
<https://doi.org/10.14483/23464712.16609>
- Castiblanco Abril, O. L., & Vizcaíno Arévalo, D. F. (2023). Propuesta de Enseñanza de la Didáctica de la Astronomía a partir de una perspectiva dimensional, en torno a lo disciplinar, sociocultural e interaccional. *Latinoamericana de Estudios Educativos*, 18(2), 121–146.
<https://doi.org/10.17151/RLEE.2023.18.2.6>
- Corti, M. A., Merlo, D. C., De Biasi, M. S., Paolantonio, S., Camino, N., Corti, M. A., Merlo, D. C., De Biasi, M. S., Paolantonio, S., & Camino, N. (2022). Diagnóstico sobre la enseñanza de Astronomía en Argentina (primera parte). *BAAA*, 63, 313–315.
- Davies, E. B., Davies, & B, E. (2002). The Role of Astronomy in the History of Science. *ArXiv*, physics/0207043. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.PHYSICS/0207043>
- De Greve, J.-P., Greve, D., & Jean-Pierre. (2011). Astronomy Education: Research Paving the Road to Enthusiasm for Studying Science. *IAUS*, 277(S277), 211–216.
<https://doi.org/10.1017/S1743921311022794>
- Delgado-Serrano, R., & Cubilla, K. (2012). *La Necesidad de Investigar la Comprensión de Conceptos Básicos, de Astronomía y Ciencias en General, en pre-media y media*.
- Egoyan, A. (2005). *The Role of Physics in Science Integration*.
- Ficu-Vica, D. (2018). The Role of Astronomy in Romanian Education. *Romanian Review of Geographical Education*, 7(2).
- Folhas, A. (2022). Astronomy: a way to interdisciplinarity in Science Teaching. *EPSC2022*.
<https://doi.org/10.5194/EPSC2022-1154>

- Gangui, A., Aduriz-Bravo, A., Gangui, A., & Aduriz-Bravo, A. (2018). Un enfoque de enseñanza de la Astronomía: Algunas consideraciones epistemológicas y didácticas. *ArXiv*, arXiv:1810.02666. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.1810.02666>
- García Barros, S., Martínez Losada, C., Mondelo Alonso, M., & Vega Marcote, P. (1997). La astronomía en textos escolares de educación primaria. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 15(2). <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4178>
- Giordano, E. (2021). Una progresión de aprendizaje sobre ideas básicas entre Física y Astronomía. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias*, 16(2). <https://doi.org/10.14483/23464712.17107>
- Gómez Valverde, V. B. (2015). *La Formación Docente en Ciencias, Física y Astronomía (Teacher Training in Sciences, Physics and Astronomy)* [Universidad Nacional de Educación a Distancia]. https://www.researchgate.net/publication/313445310_La_Formacion_Docente_en_Ciencias_Fisica_y_Astronomia_Teacher_Training_in_Sciences_Physics_and_Astronomy
- Good, M., Mason, A. J., & Singh, C. (2023). What Physics Instructors Can Learn from Astronomy Teaching. *The Physics Teacher*, 61(5). <https://doi.org/10.1119/5.0074117>
- Iglesias, M., Quinteros, C., & Guangui Alejandro. (2008). *Astronomía en la escuela: Situación actual y perspectivas futuras*.
- Irineu, J. E. de O. (2022). Astronomy as a Tool for Learning the laws of Physics: Theory of Conceptual fields by Vergnaud. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 9(7). <https://doi.org/10.22161/ijaers.97.5>
- Karaseur, F. A., Bastero, J. I., Garófalo, S. J., Gangui, A., Karaseur, F. A., Bastero, J. I., Garófalo, S. J., & Gangui, A. (2022). Nuevas estrategias de enseñanza: unidades didácticas basadas en temas de la Astronomía Cultural. *BAAA*, 63, 328–330. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2304.01131>
- Korur, F., Enil, G., & Göçer, G. (2016). Effects of two combined methods on the teaching of basic astronomy concepts. *Journal of Educational Research*, 109(2). <https://doi.org/10.1080/00220671.2014.946121>
- Langhi, R., & Nardi, R. (2005). Dificuldades de Professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental em Relação ao Ensino da Astronomia. *Revista Latino-Americana de Educação Em Astronomia*, 2. <https://doi.org/10.37156/relea/2005.02.075>
- Martínez, A., Chung, E., Forero, V., Urriola, E., & Saenz, E. (2022). Evaluación de la Implementación de los Cursos NASE en Panamá 2011-2021. *Tecnociencia*, 24(2), 5–15. <https://doi.org/10.48204/NH>
- Mazzolini, M. (2002). The use of online discussion forums as a learning and teaching tool in astronomy. *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 19(4). <https://doi.org/10.1071/AS02022>
- Minin, M., & Rossi, A. P. (2020). Synergy in Astronomy and Geosciences. *Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation: Astrogeoinformatics*, 39–56. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819154-5.00014-X>

- Muñoz, N., & Romero-Chacón, A. E. (2019). La enseñanza de la astronomía como medio para articular la formación científica y la formación ciudadana: una propuesta fundamentada en reflexiones metacientíficas. *Revista Científica, Número especial*.
- Murcia Rocha, J., Méndez Hincapié, N. F., & Delgado-Correal, C. (2022). La Dinámica de Asteroides como herramienta en la enseñanza de la Física y la Astronomía. *Ciencia En Desarrollo*, 1(2E). <https://doi.org/10.19053/01217488.v1.n2e.2022.15242>
- Oliveira, J. C. S. de, Castro, E. B. de, Mueller, E. R., & Mello, G. J. (2021). Astronomía práctica en la Enseñanza Fundamental. *Research, Society and Development*, 10(10). <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18854>
- Oliveira, V. A. (2020). Astronomy like the First Contact with Sciences. *Eprint ArXiv:2003.04084*, arXiv:2003.04084. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2003.04084>
- Pedrerros Martínez, R. I. (2019). La Astronomía y su enseñanza en la Educación Básica y Media. *Revista Científica, ISSN 0124-2253, ISSN-e 2344-8350, N°. Extra 1, 2019, Págs. 226-233, 1*, 226–233. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7021328&info=resumen&idioma=ENG>
- Perales Palacios, F. J. (1996). La evaluación en la Didáctica de las Ciencias. *Revista Interuniversitaria de Formación Del Profesorado*, 27.
- Plotnick, R. E., Varelas, M., & Fan, Q. (2009). An integrated earth science, astronomy, and physics course for elementary education majors. *Journal of Geoscience Education*, 57(3). <https://doi.org/10.5408/1.3544251>
- Pozo, J. I., del Puy Pérez, M., Sanz, A., & Limón, M. (1992). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas. *Infancia y Aprendizaje*, 15(57). <https://doi.org/10.1080/02103702.1992.10822321>
- Rodrigues, L., Montenegro, M., & Meneses, A. (2023). Mapping the astronomy content knowledge of Chilean in-service teachers. *International Journal of Science Education*, 45(6). <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2164704>
- Rosenberg, M., Russo, P., Bladon, G., & Christensen, L. L. (2013). *Why is Astronomy Important?* <http://arxiv.org/abs/1311.0508>
- Salimpour, S., Fitzgerald, M., & Hollow, R. (2024). Examining the mismatch between the intended astronomy curriculum content, astronomical literacy, and the astronomical universe. *Physical Review Physics Education Research*, 20(1), 010135. <https://doi.org/10.1103/PHYSREVPHYSEDUCRES.20.010135/FIGURES/5/MEDIUM>
- Santos, F. de S., & Soares, A. S. (2023). *Significant Learning in Physics Topics Related to Astronomy a Teaching Sequence*. <https://doi.org/10.5151/siintec2022-241199>

- Schatzman, E. L. (1972). The Importance of Astronomy in Modern Education. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 198(1). <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1972.tb12708.x>
- Stoeger, W. R. (1996). Astronomy's Integrating Impact on Culture: A Ladriean Hypothesis. *Leonardo*, 29(2). <https://doi.org/10.2307/1576352>
- Tabares Gallego, S. J. (2022). *La Astronomía como estrategia para una enseñanza interdisciplinar. Análisis de una propuesta didáctica para la cualificación de profesores en contexto no formal [Trabajo de grado profesional]*. [Universidad de Antioquia]. www.udea.edu.co
- Valderrama, A., Navarrete, D., Torres, N., & Vera, N. (2021). Enseñanza De La Astronomía En Colombia: Aportes Y Desafíos. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Número Extraordinario*.
- Valls-Gabaud, D., & Boksenberg, A. (2009). The role of astronomy in society and culture. *Proceedings of the International Astronomical Union*, 5(S260). <https://doi.org/10.1017/s1743921311002079>
- Varela Perez, A. M. (2023). The increasing effects of light pollution on professional and amateur astronomy. In *Science* (Vol. 380, Issue 6650). <https://doi.org/10.1126/science.adg0269>
- Volansky, A., & Lottem, E. (2023). The Three Waves of Reform in the World of Education 1918 - 2018: Students of Yesterday, Students of Tomorrow. *The Three Waves of Reform in the World of Education 1918-2018: Students of Yesterday, Students of Tomorrow*, 1–480. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-5771-0/COVER>
- Wentzel, D. G. (1971). Science Education: A Case for Astronomy. *American Journal of Physics*, 39(1). <https://doi.org/10.1119/1.1986051>

Diagnóstico del vertedero a cielo abierto del municipio de Pesé, provincia de Herrera, República de Panamá

Diagnosis of the open-air landfill in the municipality of Pese, Province of Herrera, Republic of Panama

Diego Andrés Arrocha Saavedra

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá

diego07.arrocha21@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-5529-1798>

Félix Hermenegildo Camarena Quiroz

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá

felix.camarena@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-5601-3252>

Luis Alberto Atencio Pérez

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá

atencio2531@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-8387-9003>

Recibido: 20/06/2025

Aprobado: 01/11/2025

Doi: <https://doi.org/10.48204/rea.v4n2.8843>

Resumen

La inadecuada gestión de residuos sólidos urbanos constituye una amenaza crítica para la salud pública y el ambiente, especialmente en comunidades vulnerables. Este estudio analiza los impactos socioambientales del vertedero a cielo abierto del distrito de Pesé, provincia de Herrera, Panamá. Mediante un enfoque cuantitativo, se aplicaron encuestas a residentes y la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del CONAM. Los resultados evidencian altos niveles de exposición a contaminantes por la quema frecuente de residuos, afectaciones respiratorias, presencia de vectores, y una gestión institucional deficiente. El 98% de la población considera que el vertedero representa un riesgo para la salud y el ambiente, y el 100% apoya su cierre o traslado. La evaluación técnica lo clasifica como un sitio de alto riesgo, ameritando su cierre inmediato. Se concluye que la situación requiere intervención urgente y una transición hacia un modelo de gestión de residuos más sostenible y justo.

Palabras Claves: Vertedero a cielo abierto, salud pública, Gestión de residuos, Percepción de riesgo comunitario.

Abstract

The inadequate management of municipal solid waste poses a critical threat to public health and the environment, particularly in vulnerable communities. This study examines the socio-environmental impacts of the open-air landfill in the district of Pese, Herrera Province, Panama. Using a quantitative approach, surveys were conducted with residents, and the Environmental Risk Assessment Guide (CONAM) was applied. Results reveal high exposure levels to pollutants from frequent waste burning, respiratory issues, vector proliferation, and poor institutional oversight. About 98% of respondents believe the landfill poses a risk to health and the environment, and 100% support its closure or relocation. The site was technically

classified as high risk, warranting immediate closure. The findings underscore the urgent need for intervention and a transition toward a more sustainable and equitable waste management system.

Keywords: Open-air landfill, public health impact, Waste management, Community risk perception.

Introducción

La gestión inadecuada de los residuos sólidos urbanos (RSU) representa uno de los desafíos más apremiantes en términos de sostenibilidad ambiental y salud pública. El crecimiento poblacional, la expansión urbana descontrolada y los patrones de consumo actuales han intensificado la generación de residuos, provocando impactos considerables en el medio ambiente y en las condiciones de vida de las poblaciones expuestas (Gouveia, 2012).

A nivel mundial, los vertederos a cielo abierto siguen siendo una práctica común en muchos países en vías de desarrollo, donde la ausencia de tecnologías de manejo adecuado favorece la emisión de gases contaminantes, la proliferación de vectores y la degradación de recursos naturales como el suelo y el agua (Abubakar *et al.*, 2022). Estos sitios carecen de los sistemas de impermeabilización y recolección de lixiviados requeridos, lo que facilita la filtración de contaminantes al subsuelo, así como la liberación de gases de efecto invernadero como el metano y el dióxido de carbono, responsables directos del calentamiento global (Gutiérrez-Ramos *et al.*, 2024).

Además del impacto ecológico, los vertederos a cielo abierto afectan de manera desproporcionada a las comunidades vulnerables, muchas de las cuales viven en las inmediaciones de estos sitios y enfrentan riesgos significativos para su salud y bienestar (EPA, 2023). La exposición constante a olores ofensivos, humo tóxico y residuos peligrosos agudiza las desigualdades sociales y genera una carga sanitaria adicional para poblaciones que ya padecen carencias estructurales (Arrocha y Camarena, 2025; Arosemena *et al.*, 2024).

En el contexto panameño, esta problemática se ejemplifica claramente en el distrito de Pesé, provincia de Herrera. Allí, el vertedero municipal ha operado durante décadas sin el cumplimiento de los estándares técnicos ni normativos adecuados. Su ubicación dentro del perímetro urbano, sumado a las frecuentes quemaduras de residuos sólidos, ha provocado episodios de contaminación



atmosférica, afectaciones respiratorias en la población y un deterioro general de la calidad ambiental. Estas condiciones hacen imperativa una evaluación del impacto socioambiental del sitio como base para decisiones de política pública.

El presente estudio tiene como objetivo principal analizar los efectos del vertedero a cielo abierto de Pesé sobre el ambiente y la salud de la comunidad, aplicando metodologías de diagnóstico ambiental participativo. A partir de este análisis, se espera generar evidencia que sustente propuestas para el cierre o reubicación del vertedero, en concordancia con los principios de justicia ambiental y sostenibilidad.

Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en el vertedero a cielo abierto del distrito cabecera de Pesé, ubicado en la provincia de Herrera, Panamá. Pesé se localiza en la península de Azuero, en la región central del país, y cuenta con una población aproximada de 12471 habitantes, de los cuales 2750 residen en la cabecera distrital, según el último censo oficial.

El vertedero se encuentra dentro del perímetro urbano del poblado. Su extensión total es de aproximadamente 36386,79 m², con una longitud de 202,25 m y un ancho de 179,91 m, según mediciones realizadas a partir de imágenes satelitales obtenidas de Google Earth. Las coordenadas geográficas del sitio son: entrada (N 07°54,6613, W 080°37,3021) y punto final (N 07°54,5837, W 080°37,3066), a una altitud de 724 msnm.

Este estudio se enmarca dentro del enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y con nivel descriptivo. Se utilizó para ello una estrategia metodológica que combinó observación directa y aplicación de instrumentos estructurados, con el fin de diagnosticar y categorizar el nivel de riesgo del vertedero.

El diseño aplicado permitió especificar las características del sitio, los efectos percibidos por la población y su categorización ambiental mediante el instrumento del Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), diseñado originalmente para el cierre o conversión de botaderos en Perú, pero validado para su aplicación regional en otros países de América Latina.

La unidad de análisis fue el vertedero a cielo abierto del municipio de Pesé. La muestra consistió en los impactos observables en el sitio y la percepción de 50 personas seleccionadas de manera no probabilística del área urbana cercana al vertedero, quienes respondieron un cuestionario diseñado por el investigador.

Se aplicó la Guía de evaluación CONAM: permite clasificar los vertederos en categorías de riesgo (bajo, moderado y alto) según parámetros como la cantidad de residuos, antigüedad del sitio, cercanía a comunidades, condiciones geofísicas, presencia de vectores, residuos peligrosos y prácticas como la quema.

Adicionalmente, un cuestionario: incluyó preguntas cerradas y abiertas dirigidas a la población, con el propósito de identificar percepciones sobre el nivel de contaminación, la frecuencia de quema de residuos, y los efectos en la salud y calidad de vida.

Los datos obtenidos se procesaron cuantitativamente. Se generaron gráficos de frecuencia para ilustrar las respuestas de los encuestados, y se aplicó la escala de evaluación de la guía CONAM para determinar la categoría de riesgo ambiental del vertedero.

La Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) es una herramienta técnica diseñada para diagnosticar y clasificar botaderos de residuos sólidos según su nivel de riesgo ambiental. La guía utiliza una ficha estructurada que evalúa diversos parámetros, como el volumen y antigüedad de los residuos, la proximidad a comunidades y fuentes de agua, las condiciones geofísicas del terreno, la presencia de vectores y residuos peligrosos, y prácticas como la quema de desechos.

Cada criterio se califica y pondera, permitiendo clasificar el botadero en una de tres categorías de riesgo: bajo, moderado o alto (CONAM, 2004). En la Figura 1, se muestra el área donde se realizó la investigación.

Figura 1





En cuanto a la gestión institucional, el 94 % de los encuestados manifestaron que las autoridades competentes no muestran interés en la conservación ambiental ni en la salud de la población, en tanto que solo un 6 % opinó lo contrario (Figura 7).

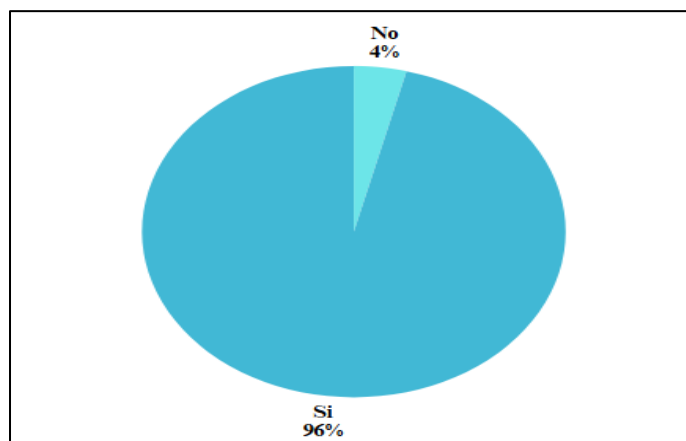
Frente a esta problemática, el 100 % de los participantes apoyaron el cierre o traslado del vertedero a una ubicación más distante del centro poblado (Figura 8).

La aplicación de la guía CONAM permitió clasificar el vertedero según criterios técnicos. De acuerdo con el volumen de residuos dispuestos, se categoriza como un vertedero pequeño. Su superficie es menor a 1 hectárea, lo cual refuerza esta clasificación. El sitio ha operado durante más de 10 años, por lo que se considera un vertedero antiguo. Asimismo, se registró una disposición moderada de residuos hospitalarios (índice de 5 en la escala CONAM).

La calificación total obtenida a través del cuestionario CONAM fue del 71%, lo que lo sitúa en la categoría de "alto riesgo", ameritando su cierre o reubicación inmediata conforme a los criterios de evaluación de dicho instrumento.

Figura 2

Frecuencia con que la población observa quema de residuos en el vertedero.

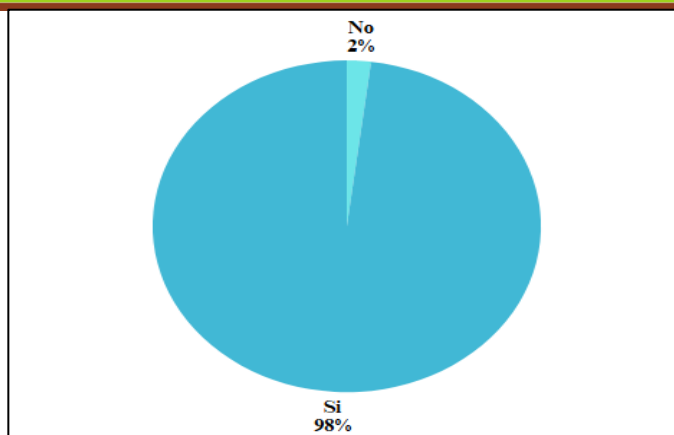


La figura muestra que el 96 % de los encuestados observa con frecuencia la quema de residuos en el vertedero, lo que confirma la recurrencia de esta práctica. Este hallazgo evidencia la ausencia de control en la disposición final y el alto potencial de contaminación atmosférica que afecta directamente a la comunidad.

Figura 3

Percepción del vertedero como peligro para la salud y el ambiente.

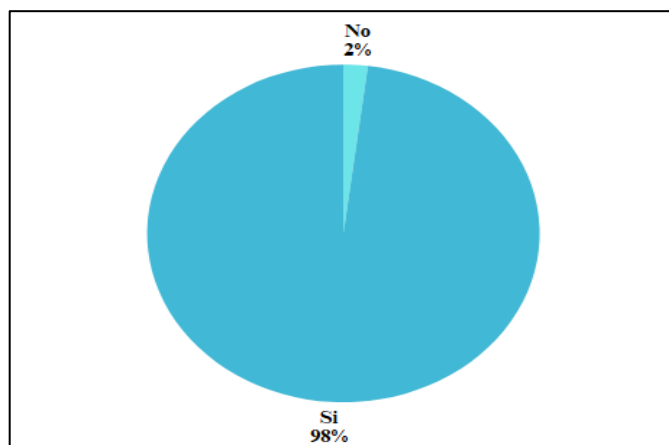




El gráfico evidencia que el 98 % de los residentes considera el vertedero un riesgo ambiental y sanitario. Esta percepción refleja una conciencia social elevada y coincide con la exposición diaria a humos y olores tóxicos producto de las quemaduras continuas.

Figura 4

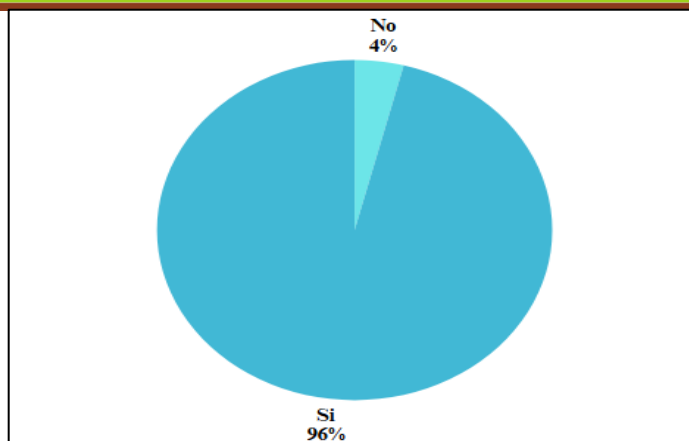
Afectación directa de los gases emitidos por la quema de residuos.



Se observa que el 98 % de la población manifiesta afectación directa por los gases del vertedero, lo que sugiere impactos inmediatos en la salud respiratoria y la calidad del aire local. El resultado refuerza la urgencia de medidas de mitigación y cierre técnico del sitio.

Figura 5

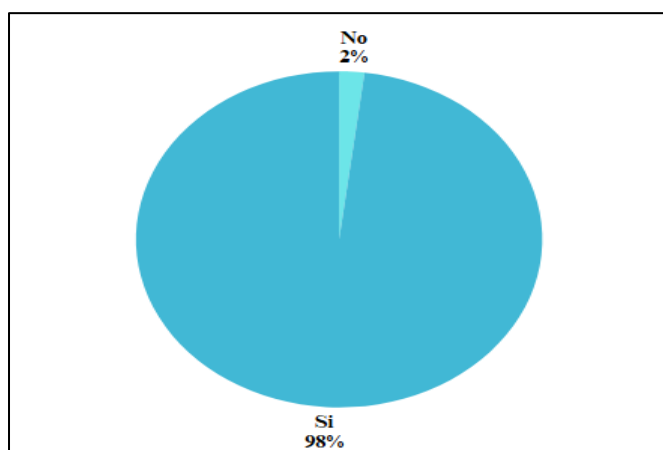
Opinión sobre la relación entre gases del vertedero y el efecto invernadero.



La mayoría de los participantes reconoce que los gases liberados durante la quema de residuos contribuyen al efecto invernadero. Este dato revela conocimiento ambiental en la población y relaciona el problema local con procesos globales de cambio climático.

Figura 6

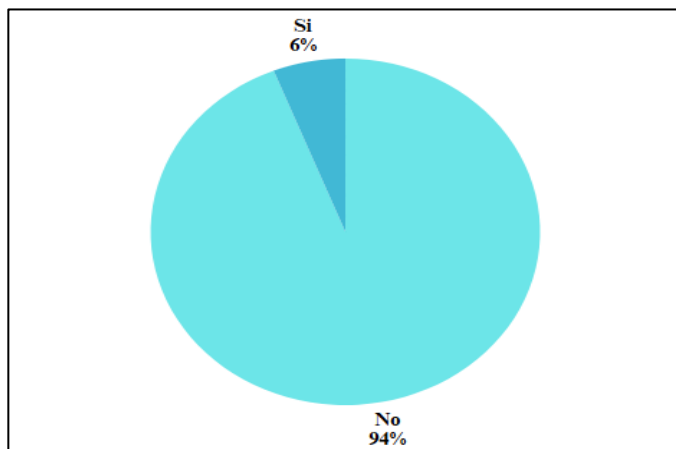
Percepción del impacto ambiental de los gases emitidos.



El 98 % de los encuestados considera que los gases emitidos impactan negativamente el ambiente, lo que reafirma la preocupación ciudadana por los daños ecológicos del vertedero. El consenso obtenido refleja una comprensión clara de los efectos ambientales del manejo inadecuado de residuos.

Figura 7

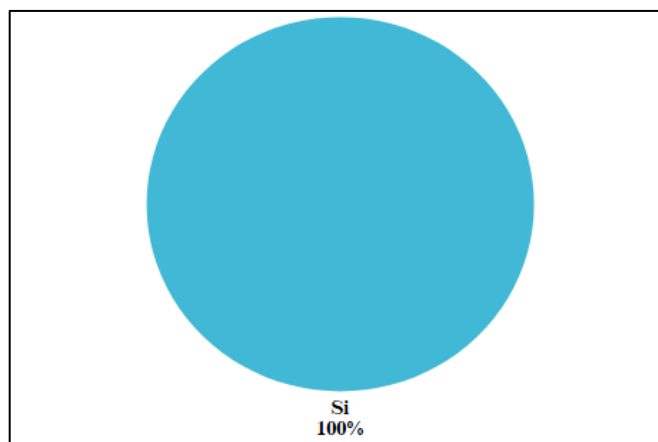
Interés en la conservación ambiental y salud pública de las autoridades.



El 94 % de los encuestados percibe falta de interés de las autoridades locales en temas de salud y ambiente. Esta respuesta evidencia la desconexión institucional frente a la problemática del vertedero y sustenta la necesidad de fortalecer la gestión pública ambiental.

Figura 8

Aceptación del cierre o traslado del vertedero por parte de la comunidad.



La figura demuestra apoyo unánime (100 %) de la comunidad al cierre o traslado del vertedero. Este resultado representa un respaldo social contundente a las medidas de clausura y una oportunidad clave para la implementación de políticas de gestión sostenible de residuos.

Discusión



Los resultados de este estudio evidencian la gravedad de los impactos socioambientales asociados al vertedero a cielo abierto de Pesé. La quema frecuente de residuos – observada por el 96% de los encuestados, con eventos al menos dos veces por semana – confirma una práctica altamente nociva. Esta quema libera humo y olores ofensivos que afectan directamente a la comunidad, algo que el 98% de los residentes reconoce como un peligro para el ambiente y la salud pública.

Esta percepción local está bien fundada: la literatura indica que la quema abierta de basura emite una mezcla de contaminantes atmosféricos tóxicos, incluidos gases irritantes y material particulado fino, con efectos agudos y crónicos en la salud humana (Rivas, 2025). Además, los vertederos a cielo abierto son importantes emisores de gases de efecto invernadero como metano y carbono negro (CHLC, 2022), contribuyendo al cambio climático. De hecho, se estima que las emisiones provenientes de residuos dispuestos inapropiadamente (vertederos y quema abierta) constituyen entre el 5% y 12% de las emisiones globales de gases de invernadero, y alrededor del 20% del metano antropogénico (CHLC, 2022). Es notable que 96% de los participantes relacione los gases del vertedero con la intensificación del efecto invernadero, lo que refleja una conciencia comunitaria acorde con estos hallazgos científicos.

Los datos recolectados señalan que prácticamente toda la población encuestada (98%) se siente directamente afectada por las emisiones del vertedero, y un 90% sufre los malos olores cada vez que hay quema. Esto coincide con investigaciones en otros contextos latinoamericanos donde las comunidades expuestas a basurales reportan afectaciones similares. Por ejemplo, en Cali (Colombia), residentes cercanos al antiguo botadero de Navarro percibían que los olores fétidos provenientes del sitio les ocasionaban enfermedades respiratorias frecuentes (Mosquera-Becerra *et al.*, 2009), generando además un estigma social en la zona debido a la presencia de moscas, humo y basura visible.

Estudios epidemiológicos en esa misma localidad encontraron evidencia objetiva del daño respiratorio: adultos mayores expuestos al botadero presentaron mayor incidencia de síntomas respiratorios crónicos y reducciones significativas en su función pulmonar en comparación con pobladores no expuestos (Filigrana *et al.*, 2011). Filigrana *et al.* (2011) reportaron que la

exposición al botadero de Navarro se asoció con un aumento de 25% en la prevalencia de síntomas respiratorios en adultos mayores, así como una disminución del flujo espiratorio pico, indicando deterioro de la salud pulmonar.

De igual forma, un estudio sobre niños en Cali halló mayores síntomas respiratorios y costos médicos en menores que vivían cerca del vertedero (Girón *et al.*, 2009). Estos hallazgos refuerzan lo observado en Pesé: la contaminación aérea por la quema de residuos y la cercanía al basurero están afectando la salud de la población local, principalmente a través de enfermedades respiratorias.

Diversos trabajos en entornos de bajos ingresos señalan que la exposición continua al humo de la combustión de residuos sólidos puede contribuir a enfermedades agudas (irritación ocular, cefaleas, infecciones respiratorias) y crónicas (asma, EPOC e incluso cáncer) en las comunidades aledañas (Domingo *et al.*, 2020). En Nigeria, por ejemplo, se documentó en zonas con vertederos ilegales una “amplia variedad de enfermedades” entre los residentes expuestos, incluyendo problemas cutáneos, intoxicaciones y malestares respiratorios vinculados a la presencia de plásticos, metales pesados y otros desechos peligrosos en el medio (Ishaq *et al.*, 2022). Esto demuestra que los impactos sanitarios en Pesé no son aislados, sino congruentes con patrones internacionales en comunidades que viven cerca de sitios de disposición final no controlados.

En cuanto a los impactos ambientales, es claro que el vertedero de Pesé representa una amenaza significativa. Aunque este estudio se centró en la percepción ciudadana y la evaluación de riesgos, es pertinente contextualizar los hallazgos con la evidencia técnica disponible. Los vertederos a cielo abierto, al carecer de sistemas de impermeabilización y manejo de lixiviados, contaminan gradualmente el suelo y las aguas subterráneas. En la región latinoamericana, un tercio de los residuos urbanos aún termina en basurales abiertos o directamente en el entorno, lo cual está contaminando suelos, agua y aire, según ONU Medio Ambiente, (2018).

En Pesé, la población ha constatado estos efectos: los humos y olores denunciados implican la liberación de contaminantes peligrosos al aire que pueden provocar desde molestias inmediatas hasta enfermedades degenerativas a largo plazo (p. ej., algunos compuestos emitidos en vertederos

se asocian con mayor riesgo de cáncer y leucemia (Vinti *et al.*, 2021). Asimismo, la presencia observada de vectores (insectos, roedores) es consistente con la literatura, que señala que la acumulación de residuos sin control favorece la proliferación de moscas, ratas y otros portadores de enfermedades infecciosas (Paredes-Ballena, 2023). En suma, los problemas ambientales derivados del vertedero de Pesé –contaminación de agua y aire, vectores, gases de invernadero– guardan estrecha relación con los reportados en otros países en vías de desarrollo, donde la disposición inadecuada de residuos ha desencadenado daños a los ecosistemas y compromete la salud pública (Rivas, 2025).

Otro aspecto crítico revelado por la investigación es el componente social y de gobernanza. Un abrumador 94% de los encuestados percibe desinterés por parte de las autoridades ambientales y sanitarias en torno a esta problemática. El caso de Pesé se asemeja a otros en Latinoamérica donde los vertederos suelen ubicarse cerca de comunidades marginadas que históricamente tienen menor poder de decisión. Estudios han señalado que factores socioeconómicos juegan un rol en la localización de estos sitios, perpetuando desigualdades en salud (Tait *et al.*, 2020). Por ejemplo, en Panamá, un estudio realizado en la comunidad de Chepo (Panamá Este) –que convivió por años con un vertedero a cielo abierto– describió al basurero local como un “agente de enfermedades” para los habitantes, y destacó la necesidad de intervención estatal para evitar más afectaciones a la salud (Sánchez *et al.*, 2018).

La falta de acción de las autoridades en Pesé, indicada por los residentes, subraya la urgencia de fortalecer la gestión institucional de residuos con un enfoque equitativo. La Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. ha advertido que la mala gestión de residuos tiende a agravar las brechas sociales, afectando más a quienes carecen de servicios básicos (OPS, 2025). Por ende, abordar el caso de Pesé no solo es una cuestión técnica, sino también de gobernabilidad: implica atender a una comunidad vulnerable que ha soportado durante décadas una carga desproporcionada de contaminación por mala gestión de residuos.

Por último, la clasificación de “alto riesgo” otorgada al vertedero de Pesé mediante la guía CONAM refuerza cuantitativamente lo que la población ya intuía. Con un puntaje de 71% en la

escala de riesgo, este sitio califica para un cierre o reubicación inmediata según los criterios técnicos (CONAM, 2004). Factores como la larga antigüedad del vertedero (>10 años), su cercanía al casco urbano, el volumen de residuos (aunque sea un vertedero pequeño <1 ha) y la presencia de residuos especiales (hospitalarios) confluyen para elevar el nivel de peligro. Cabe destacar que la disposición de desechos biomédicos junto con la basura común es un hallazgo preocupante: alrededor del 70% de los residuos hospitalarios en América Latina se manejan inadecuadamente, lo que incrementa riesgos de infecciones y exposición a sustancias peligrosas en vertederos abiertos (Abubakar *et al.*, 2022). En Pesé se registró disposición moderada de residuos médicos, un indicio más de la falta de controles que agrava la situación de riesgo. Las evidencias internacionales respaldan la urgencia de la intervención: la ONU Medio Ambiente instó en 2018 al cierre progresivo de todos los basurales a cielo abierto en la región, advirtiendo su impacto nocivo tanto en la salud humana como en el ambiente (ONU Medio Ambiente, 2018).

De hecho, algunos países latinoamericanos ya han dado pasos concretos: Brasil clausuró en 2012 el emblemático vertedero de Jardim Gramacho en Río de Janeiro, convirtiéndolo en un relleno sanitario moderno con captura de metano (Ansari, 2012), y Perú implementó una hoja de ruta para cerrar todos sus botaderos municipales para 2025, y las autoridades correspondientes han dado la orden de cierres de todos los botaderos a nivel nacional (Andina, 2025). Estos ejemplos demuestran que, con voluntad política y planificación, es posible revertir décadas de disposición irresponsable.

En el caso de Pesé, existe un consenso comunitario unánime (100% de encuestados) en favor del cierre o traslado del vertedero. Este apoyo social es un activo importante que las autoridades deben aprovechar para impulsar la solución. Los hallazgos de este estudio proporcionan evidencia científica y respaldo ciudadano para demandar acciones inmediatas. Es imperativo que se gestione el cierre técnico del vertedero, incluyendo la remediación del sitio (control de lixiviados y biogás remanente, cobertura del área con suelo limpio, reforestación, entre otros. Paralelamente, se debe planificar una alternativa sostenible para la disposición de los residuos de Pesé y distritos vecinos: ya sea la construcción de un relleno sanitario regional alejado de zonas pobladas, inversión en

proyecto de reciclaje por el sector privado, o incluso explorar tecnologías de valorización energética a pequeña escala.

Conclusión

El vertedero a cielo abierto del sitio de Pesé constituye una fuente crítica de riesgo ambiental y sanitario, evidenciado tanto por la percepción comunitaria como por la evaluación técnica del instrumento CONAM, que lo clasifica como sitio de alto riesgo. Su permanencia en el perímetro urbano representa una vulnerabilidad estructural que exige acciones inmediatas de clausura o reubicación planificada.

La práctica recurrente de la quema de residuos sólidos refleja una falla sistémica en la gestión local de desechos y un incumplimiento de los principios de precaución y prevención ambiental. Este fenómeno no solo deteriora la calidad del aire y la salud respiratoria de los habitantes, sino que también contribuye al incremento de gases de efecto invernadero, vinculando un problema local con la crisis climática global.

El estudio demuestra que la comunidad posee una alta conciencia ambiental y un reconocimiento claro de los impactos del vertedero sobre su entorno. Esta disposición social constituye una base fundamental para la gobernanza participativa en materia ambiental y debe aprovecharse como motor de cambio hacia modelos sostenibles de gestión de residuos sólidos en la región de Azuero.

La falta de acción institucional documentada evidencia debilidades en la gestión pública y en la aplicación efectiva de la normativa ambiental vigente. Superar esta brecha requiere fortalecer las capacidades municipales, garantizar la rendición de cuentas y establecer mecanismos de fiscalización interinstitucional que prioricen la justicia ambiental y la salud colectiva.

Finalmente, la evidencia obtenida plantea la necesidad de un enfoque integral que articule lo técnico, lo social y lo político en la toma de decisiones sobre residuos. El cierre técnico del vertedero de Pesé debe acompañarse de un plan de remediación del sitio y la implementación de alternativas sostenibles como reciclaje, educación ambiental y valorización energética, garantizando así un modelo de desarrollo local más justo, resiliente y ecológicamente responsable.



Referencias bibliográficas

- Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental Sustainability Impacts of Solid Waste Management Practices in the Global South. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12717. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912717>
- Andina, (2025). *Minam: avanza el cierre de botaderos y de mejoramiento de la gestión de residuos sólidos*. Andina.pe. <https://andina.pe/agencia/noticia-minam-avanza-cierre-botaderos-y-mejoramiento-de-gestion-residuos-solidos-1016424.aspx>
- Ansari, A. (2012). *Jardín Gramacho, el “coloso” de la basura en Brasil, cerró sus puertas*. Expansión. <https://expansion.mx/planetacnn/2012/07/05/jardin-gramacho-el-coloso-de-la-basura-en-brasil-cerro-sus-puertas>
- Arosemena P., L. E., Camarena Quiroz., F. H., y Saucedo, E. (2024). Impactos que producen los desechos sólidos en la fuente hídrica del bosque El Colmón de Macaracas. *REDES, IM* (16) 75–91. <https://doi.org/10.57819/h8wf-1594>
- Arrocha, D. A., y Camarena Quiroz, F. H. (2025). Percepción de impactos ambientales en proyecto de infraestructura vial en Los Santos, Panamá. *Revista Semilla del Este*, 5(2), 80-99. <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.6501>
- Climate High-Level Champions CHLC, (2022). *A clarion call to reduce and phase out open waste burning*. Climatechampions. <https://www.climatechampions.net/news/a-clarion-call-to-reduce-and-phase-out-open-waste-burning/>
- Consejo Nacional del Ambiente CONAM, (2004). *Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos*.
- Domingo, J., Marqués, M., Mari, M., & Schuhmacher, M. (2020). Adverse health effects for populations living near waste incinerators with special attention to hazardous waste incinerators. A review of the scientific literature. *Environmental Research*, 187. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.10963>
- EPA, (2023). *Equidad en la gestión de residuos sólidos*. United States Environmental Protection Agency. https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-09/swm_equity-spanish.pdf
- Filigrana, P.A., Gómez, O.L., y Méndez, F. (2011). Impacto de un sitio de disposición final de residuos sólidos en la salud respiratoria de los adultos mayores. *Biomédica*, 31(3), 322. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v31i3.346>
- Girón, S.L., Mateus, J.C., y Méndez, F. (2009). Impacto de un botadero a cielo abierto en el desarrollo de síntomas respiratorios y en costos familiares de atención en salud de niños entre 1 y 5 años en Cali, Colombia. *Biomédica*, 29(3), 392-402.
- Gouveia, N. (2012). Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17(6), 1503–1510.
- Gutiérrez-Ramos, E.M., García-Ramos, T.E., Roca-Vásquez, K.L., y Valiente-Saldaña, Y.M. (2024). Gestión de residuos sólidos y la contaminación ambiental en el sector urbano. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 9(17), 108–116. <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i17.3156>

- Ishaq, A., Said, M.I., Azman, S., Abdulwahab, M.F. & Alfa, M.I. (2022). Impact, Mitigation Strategies, and Future, Possibilities of Nigerian Municipal Solid Waste Leachate Management Practices: A review. *Nigerian Journal of Technological Development*, 19(3), 181-194. <http://dx.doi.org/10.4314/njtd.v19i3.1>
- Mosquera-Becerra, J., Gómez-Gutiérrez, O.L., y Méndez-Paz, F. (2009). Percepción del Impacto del Vertedero Final de Basuras en la Salud y en el Ambiente Físico y Social en Cali. *Revista de salud pública*, 11(4), 549-558.
- Organización de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – ONU Medio Ambiente. (2018). *Un tercio de los residuos de América Latina y el Caribe termina en basurales o en el medio ambiente*. Comunicado de prensa, 9 de octubre de 2018. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/un-tercio-de-los-residuos-de-america-latina-y-el-caribe>
- Organización Panamericana de la Salud – OPS, (2025). *Residuos sólidos*. PAHO. <https://www.paho.org/es/temas/residuos-solidos>
- Paredes-Ballena, J., Valiente-Saldaña, Y.M., y Diaz-Valiente, F.A. (2023). Valorización de residuos sólidos generados en las municipalidades locales: Revisión sistemática. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 8(Supl. 1), 674-690. <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i1.2834>
- Rivas, M.A. (2025). Contaminación de residuos sólidos y sus efectos en la salud de la población urbana. *Revista InveCom*, 5(3), 1-11. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14270926>
- Sánchez, M., Smith, R., y Burkett, V. (2018). Impacto del Vertedero a cielo abierto en habitantes de la comunidad de Chepo Higuera. *Centros: Revista Científica Universitaria*, 8(2), 95-104. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/centros/article/view/735>
- Tait, P., Brew, J., Che, A., Constazo, A., Danyluk, A., Davis, M., Khalaf, A., McMahon, K., Watson, A., Rowcliff, K. & Bowles, D. (2020). The health impacts of waste incineration: a systmatic review. *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, 44(1), 40-48. <https://doi.org/10.1111/1753-6405.12939>
- Vinti, G., Bauza, V., Clasen, T., Medlicott, K., Tudor, T., Zurbrügg, C, & Vaccari, M. (2021). Municipal Solid Waste Management and Adverse Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4331). <https://doi.org/10.3390/ijerph18084331>

Systematic review of the school-family relationship: Perspectives and trends

Revisión sistemática de la relación escuela-familia: Perspectivas y tendencias

Alexander Rodríguez-Bustamante

Universidad Católica Luis Amigó, Facultad de Ciencias Sociales, Salud y Bienestar¹, Colombia

alexander.rodriguezbu@amigo.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6478-1414>

Luis Fernando Cardona Palacio

Universidad Católica Luis Amigó, Departamento de Ciencias Básicas, Colombia

luis.cardonapa@amigo.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6526-9508>

Recibido: 15/07/2025

Aprobado: 15/10/2025

Doi: <https://doi.org/10.48204/rea.v4n2.8846>

Abstract

The school and family play critical roles in shaping the education of preschool, primary, and secondary students. Despite ongoing academic debates, the relationship between these institutions and their impact on student performance has been recognized as a vital strategy in promoting children's and adolescents' learning. This study aims to map the scientific production related to school-family relationships through a scientometric analysis using the Web of Science (WoS) and Scopus databases. Following the PRISMA methodology for systematic reviews, the research identifies major contributing countries, journals, and academic communities in this field. Furthermore, the Tree of Science (ToS) algorithm is applied to classify the literature into foundational, structural, and emerging research areas. Results highlight the interdisciplinary nature of the topic, with contributions spanning education, psychology, and sociology. Strengthening the scientific understanding of these dynamics could contribute to developing more effective educational policies and practices that enhance collaboration between schools and families across diverse socio-cultural settings.

Keywords: Family; school; scientometrics; tree of science.

Resumen

La escuela y la familia desempeñan un papel fundamental en la formación de la educación del alumnado de preescolar, primaria y secundaria. A pesar de los continuos debates académicos, la relación entre estas instituciones y su impacto en el rendimiento estudiantil se ha reconocido como una estrategia vital para promover el aprendizaje de niños y adolescentes. Este estudio busca mapear la producción científica relacionada con las relaciones escuela-familia mediante un análisis cienciométrico utilizando las bases de datos Web of Science (WoS) y Scopus. Siguiendo la metodología PRISMA para revisiones sistemáticas, la

¹ Universidad Pontificia Bolivariana, Programa Doctoral en Educación, Antioquia, Colombia.

investigación identifica los principales países, revistas y comunidades académicas que contribuyen en este campo. Además, se aplica el algoritmo Árbol de la Ciencia (ToS) para clasificar la literatura en áreas de investigación fundamentales, estructurales y emergentes. Los resultados destacan la naturaleza interdisciplinaria del tema, con contribuciones que abarcan la educación, la psicología y la sociología. Fortalecer la comprensión científica de estas dinámicas podría contribuir al desarrollo de políticas y prácticas educativas más efectivas que fomenten la colaboración entre escuelas y familias en diversos entornos socioculturales.

Palabras clave: Familia; escuela; cienciometría; árbol de la ciencia.

Introduction

Parents often dream of raising their children to be talented, conscious, thoughtful, loving, and humble, yet possessing strong character and willpower (Molas-Castells *et al.*, 2022). They believe that through proper education, their children can shape their destinies and lead fulfilling lives. However, this dream comes with a great sense of concern as to whether the school alone can provide the necessary emotional, cognitive, economic, and overall quality of life education to promote well-being and happiness (Quiceno, 2013). There is a challenging paradigm: Should parents entrust their children's education entirely to school or take an active role in their education?

Despite the abundance of scientific literature on school and family, existing reviews often focus on specific aspects within the field, leaving a gap that urgently needs a comprehensive view. In this context, Henderson and Mapp, (2002) emphasize the critical role of collaboration between schools and families in promoting student success, particularly in academic performance, motivation, and behavior. Auerbach, (2012) introduces the "family leadership" model to foster increased family engagement in educational processes. Similarly, Weiss *et al.* (2018) advocate for schools to provide resources that support learning in the home environment, reinforcing the home-school connection.

Furthermore, Desforges and Abouchaar, (2003) and Wilder, (2020) underscore the essential role of parental involvement, particularly during the early stages of schooling, as a key factor in a child's educational development. Globally, the relationship between school and family has gained attention, as the need for a more integrated approach to education that addresses cognitive, social, and emotional aspects becomes evident. Teachers and parents are working together to support

children's holistic development. This trend is seen in countries such as the United States, Spain, the United Kingdom, Australia, Brazil, China, Canada, the Netherlands, Belgium, and Chile, demonstrating the global importance of school-family collaboration in fostering children's cognitive growth. This study recognizes that terms such as "family-school relationship," "family-school collaboration," and "parental involvement" present important approaches. While the "family-school relationship" refers to general ties between the two institutions, "collaboration" implies active cooperation in educational processes, and "parental involvement" typically focuses on specific actions parents take to support their children's learning (Fan & Chen, 2001).

Literature employs different strategies as a systematic analysis to map and review the relationship between school and family. The PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) framework plays a crucial role in systematic reviews, offering a clear standard for transparent and comprehensive reporting (Page *et al.*, 2021). By guiding researchers in structuring and documenting their work, PRISMA helps ensure the reproducibility and reliability of studies. This approach enhances research quality, promoting a culture of trust and integrity within the academic community. This study also employs Scopus and Web of Science (WoS) databases to conduct a scientometric mapping of parental engagement in school. The methodology consists of two steps. The first step is to perform a scientometric analysis to determine SF's scientific output and impact as measured by citations. The analysis also explores the relationships between countries based on scientific collaboration networks and their average productivity, impact, and article quality. Citation analysis examines the journals' themes and depicts the academic and social networks of school and family. The second step applies to the Tree of Science (ToS) algorithm to classify the articles into roots, trunks, and branches (Robledo *et al.*, 2022).

The above offers a comprehensive understanding of PE (parental engagement) from its origins to the current sub-areas. Also, the methodology explains in detail the search, pre-processing, and analysis of the data generated from the search in Scopus and WoS. Finally, the results are divided into two parts: first, a scientific mapping of the academic production and an analysis of the countries, journals, and authors are done. Second, the ToS results are explained. The article concludes with the findings and recommendations, providing practical insights to empower

educators, researchers, policymakers, and parents to enhance children's education through parental engagement.

Materials and Methods

This study examines research's academic production and impact on school and family relationships. The researchers explored the Scopus and Web of Science (WoS) databases, which are widely recognized in the academic community and contain approximately 170 million records (Moral-Muñoz *et al.*, 2020). Scopus and WoS are crucial for scientometric studies due to their extensive coverage and capability to track scientific impact. Scopus enables detailed analyses of trends and collaboration networks in research (Bornmann & Haunschild, 2023), while WoS is vital for evaluating academic performance using citation metrics (Zhu & Liu, 2022). Both databases have been utilized to create tools like the "Tree of Science," which visualizes the relationships between publications and identifies emerging areas across various disciplines (Martínez-Gómez *et al.*, 2023). These two databases are used manually (not using Artificial Intelligence) to provide a more comprehensive mapping of this research field (Robledo *et al.*, 2022; Zuluaga *et al.*, 2022).

The search used "family school" or "parent family" as keywords. In this case, the words "family school" or "parent family" were used since these two words share similar meanings, according to an initial review. The methodology includes a scientometric data analysis, including a mapping of academic production, an analysis of countries, journals, and authors, and classification of articles using the Tree of Science algorithm. The criteria used to identify the relevant records are shown in Table 1. Education-specific databases such as ERIC were not included, as the objective was to conduct a broad scientometric mapping based on impact indicators and international collaboration. Scopus and WoS provide more indexed articles and citation metrics necessary for the Tree of Science methodology (Martínez-Gómez *et al.*, 2023).

Table 1.

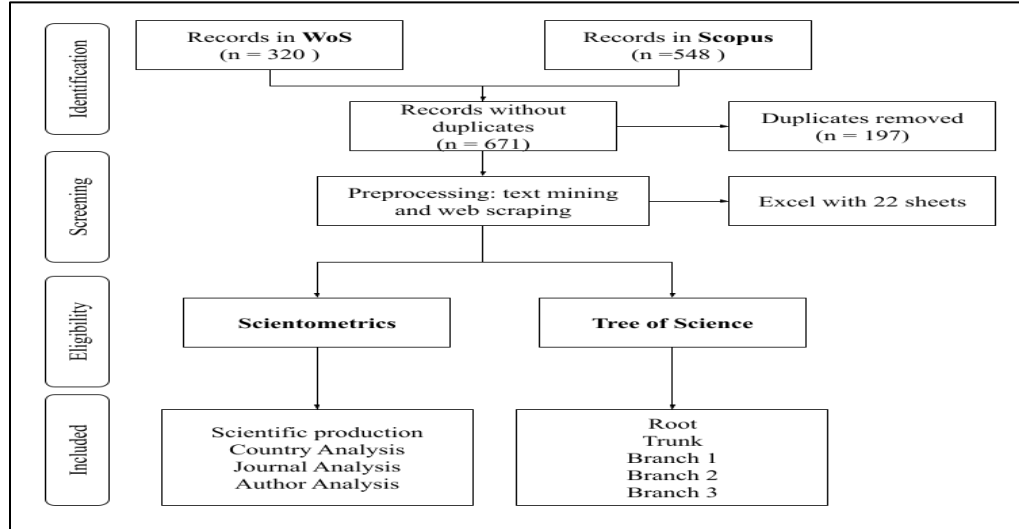
Parameters used in Scopus and WoS in virtual teaching.

Criteria	Web of Science	Scopus
Range	2000 – 2022	
Date	January 9 of 2022	
Document types	Articles, books, chapters, conferences	
Words	Title: “family school” OR “parent family”	
Results	320	548
Total (Wos+Scopus)	671	

The database results showed 320 records were found in Web of Science (WoS) and 548 in Scopus. The R package bibliometrics (Aria & Cuccurullo, 2017) and the tosr package combined these two datasets. The result was a dataset of 671 records. Notably, 123 (18.33%) WoS documents were not found in Scopus, highlighting the importance of analyzing both WoS and Scopus simultaneously to obtain a larger number of studies. The identified group of documents was classified into various categories, with the majority being articles (72.88%) and books or book chapters (15.80%). The remaining categories included reviews (4.32%), meeting abstracts (3.28%), editorials (1.49%), conferences (1.40%), notes (0.60%), short surveys (0.30%), erratum (0.15%), and letter (0.14%). These results indicate that most of the output in virtual education is articles and books (88.68%). Based on the 671 records, two forms of analysis were conducted to gain a comprehensive understanding of the scientific landscape of the field. The first analysis was a scientometric mapping that aimed to shed light on the scientific production dynamics, the interactions between countries, the themes of journals, and scientific collaboration networks. The second analysis was a conceptual analysis using the Tree of Science metaphor (Zuluaga *et al.*, 2022). Figure 1 shows the selection process of the documents, and each step of the analysis process will be explained in detail in the subsequent sections.

Figure 1

Flowchart of the article selection process based on the PRISMA model developed by Page *et al.* (2021).



Scientific Mapping.

Scientometric mapping for scientific analysis is an important approach employed in literature (Lu *et al.*, 2023). Scientometrics involves the quantitative evaluation of scientific information (Mingers & Leydesdorff, 2015) and can be used to uncover the intellectual structure of a field of knowledge (Xu *et al.*, 2023). Recently, this technique has been used to reveal trends in a specific field (Grisales *et al.*, 2022) or to examine social interactions among researchers on a particular subject (Sulyok *et al.*, 2023).

This step aims to gather data from references such as journals, authors, and years to create a database to do advanced analysis. Figure 1 shows the PRISMA diagram process used in this work. The pre-processing also involves web screening of the documents to gather additional information about the authors. The code for this step is available in the Core of Science Corporation GitHub repository. This process results in an Excel file containing 22 spreadsheets: the country citation network based on affiliations, the journal citation network, and the scientific collaboration network. The scientific collaboration network is created using the proposal by Hurtado-Marín *et al.*

al. (2021), which leverages the social connections found in the references to provide a more structured social network and better understand the academic interaction dynamics of the most productive researchers.

Evolution Using Tree of Science

The Tree of Science (ToS) algorithm metaphorically represents a scientific area (Robledo *et al.*, 2022; Martínez-Gómez *et al.*, 2023; Valencia-Hernández *et al.*, 2020). The ToS algorithm creates a citation network from the union of the two results to select the articles in the root, trunk, and branches. This algorithm mimics the photosynthesis process of a plant, first creating a metric that travels through the network from root to leaf and then back to the root from the leaves (a detailed explanation can be found in the work of Valencia-Hernández *et al.*, 2020). ToS has been used to map areas of knowledge such as marketing (Barrera-Rodríguez *et al.*, 2023; Torres *et al.*, 2021), education (Muñoz *et al.*, 2022; Semanate-Quinonez *et al.*, 2022), psychology (Correa-Duque & Gómez-Tabares, 2021; Gómez-Tabares, 2022) and entrepreneurship (Torres *et al.*, 2021). During the first year, the platform had around 5,000 users, and over a million records were uploaded (Eggers *et al.*, 2022). Currently, the platform has two versions: one for WoS (Zuluaga *et al.*, 2022) and another for Scopus (Valencia-Hernández *et al.*, 2020). The results allow us to identify the classic (root), structural (trunk), and sub-areas (branches) articles. Three subareas with the most articles were identified for the present investigation.

Results

This section presents the results of the scientometric analyses, divided into the following subsections: a scientometric analysis of scientific production and analyses of countries, journals, and authors.

Scientometric Analysis: Scientific Production

The scientometric analysis of the data in the field of SF (School-Family) calls for a careful examination of the data quality and distribution. Figure 2 provides an initial overview of the

information collected from the Scopus and WoS databases, covering the time frame from 2000 to 2022. The selected period includes two decades of face-to-face education and two years of online education impacted by the COVID-19 pandemic (Sulyok *et al.*, 2023; Tan *et al.*, 2021; Pozzoli *et al.*, 2022). The study aims to shed light on the correlation between citations and total publications in the findings by analyzing the citation trends of various topics. The combined growth rate of citations from Scopus and WoS databases was 6.12%. This growth reflects the increasing interest of the scientific community in EF. However, it is worth noting that this growth is subject to fluctuations, with minimum and maximum peaks in the relationship between total publications and total citations.

Scientific analysis requires closely examining the data and its quality for a broad, diverse topic such as SF. Figure 2 provides an overview of the information obtained from the Scopus and WoS search engines from 2000 to 2022. This time frame was chosen to highlight the evolution of SF over two decades, including the impact of the COVID-19 pandemic. The total number of citations generated by the combination of both platforms provides insight into the relationship between citations and total publications, which is vital to understanding the trends in the field. The growth rate of citations over time is 6.12% (as indicated by both Scopus and WoS), and the results will be discussed in further sections.

This growth rate results from the scientific community's sustained interest in SF despite fluctuations in the relationship between total publications and total citations. The number of publications significantly increased starting in 2018 and continuing until 2022. The above highlights the importance of using Scopus and WoS databases in conducting extensive documentary studies. Between 2018 and 2022, the average number of citations in the two databases was 15.75 per publication.

Data from 2019 is particularly noteworthy, with 39 citations in WoS and 64 in Scopus, with citations predominating by 80%. The argumentative topics can be divided into three scenarios based on the chronology from 2000 to 2010, 2011 to 2019, and 2020 to 2022. The third scenario covers the period from 2020 to 2022 and is relevant since it represents a critical point in scientific

production, with data updated until January 2023. A thorough documentary count is necessary to understand the worldwide production levels and the significance of central themes in this study. Rigorous scientific work, including doctoral and postdoctoral levels of scientometric reviews, is crucial to avoiding repetition and ensuring the importance of the research's categorical, methodological, and problematic aspects.

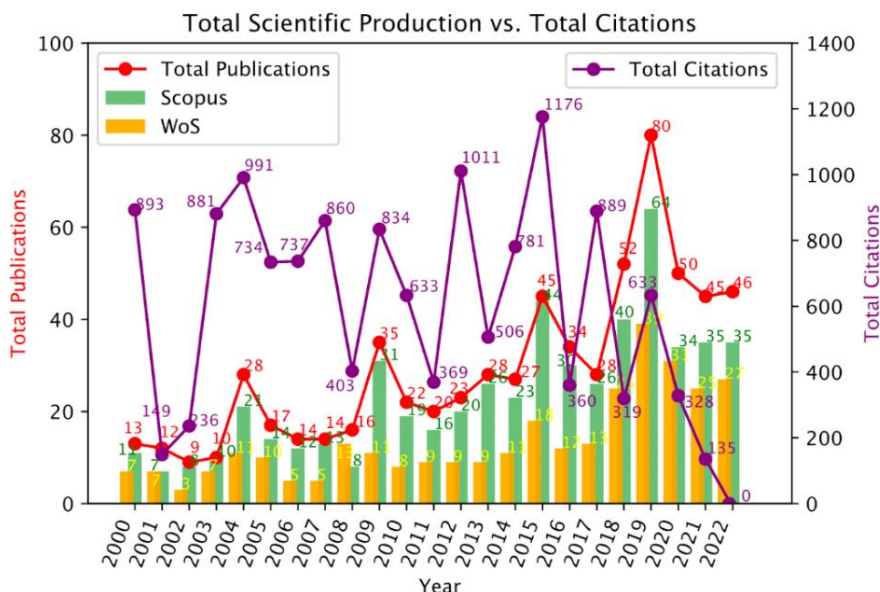
Stage 1 (2000-2010): there was a transition in the theme of the family and its integration into the school. The bibliographic presence on the topic increased by 5.40%. This decade has marked a significant change in the world regarding the role of the school in family life. A large percentage of the publications were in English. The top five journals were (1) Journal of Educational Psychology, (2) Conjoined Behavioral Consultation: Promoting Family-School Connections and Interventions, (3) American Educational Research Journal, (4) Pediatrics, and (5) Applied Developmental Science), contributed to a total of 1,082 articles, all based in the United States. These journals are recognized for their importance and editorial efforts.

Stage 2: This passage refers to a historical period from 2011 to 2019 in scientific production related to the topic in question. It mentions that the growth rate of scientific production in this period was 18.01%, indicating an increase in thematic production. The production was at its maximum peaks in 2014, 2018, and 2019, with the most important metadata being found in the Scopus search engine, with more than 50% of the citations being recorded compared to WoS.

Stage 3 (2020-2022) reveals the profound impact of the pandemic on scientific production. The two-year period selected shows a decline in production with a decrease of 2.02%, a clear indication of the pandemic's influence on the topic. This reduction is due to the shift of work from the classroom to the home, where the necessity of social distancing impacted parents and teachers.

Figure 2.

Measurement of production vs. the total number of citations.



Country Analysis

From a qualitative perspective in scientific research, this study aims to understand why researchers from numerous countries are drawn to topics such as Physical Education (PE) and how they generate interest in monitoring cognitive function. A key aspect of our methodology is using scientific metrics tools, which provide valuable support to the scientific community by enabling a thorough quantitative analysis of the research landscape. The results indicate that certain countries have researchers who exhibit more significant interest in SF, each with specific research interests.

Upon examining the ten countries with the most research interest, it is evident that researchers in the United States not only dominate intellectual production with 40.8% of the existing material, but their citations also account for 60.81% of all citations, representing 6,383 works that have been read and utilized by others. This production of 284 indexed journals includes 123 papers in Q1 journals, 44 in Q2 journals, 29 in Q3 journals, and 6 in Q4 journals (refer to Table 2). These results highlight the quality and relevance of the research in the United States.

Table 2.

Science generation of major countries measured by production, impact (citations), and quality (quartiles).

Countries	Production	Citation	Q1	Q2	Q3	Q4
USA	284 (40.8 %)	6383 (60.81 %)	123	44	29	6
Spain	48 (6.9 %)	210 (2 %)	8	10	16	3
United Kingdom	45 (6.47 %)	886 (8.44 %)	23	6	3	0
Australia	42 (6.03 %)	783 (7.46 %)	21	8	4	2
Brazil	39 (5.6 %)	97 (0.92 %)	2	5	6	5
China	36 (5.17 %)	430 (4.1 %)	17	9	2	1
Canada	20 (2.87 %)	255 (2.43 %)	4	3	3	2
Netherlands	15 (2.16 %)	229 (2.18 %)	13	0	0	1
Belgium	9 (1.29 %)	112 (1.07 %)	7	0	1	0
Chile	9 (1.29 %)	14 (0.13 %)	1	2	2	0

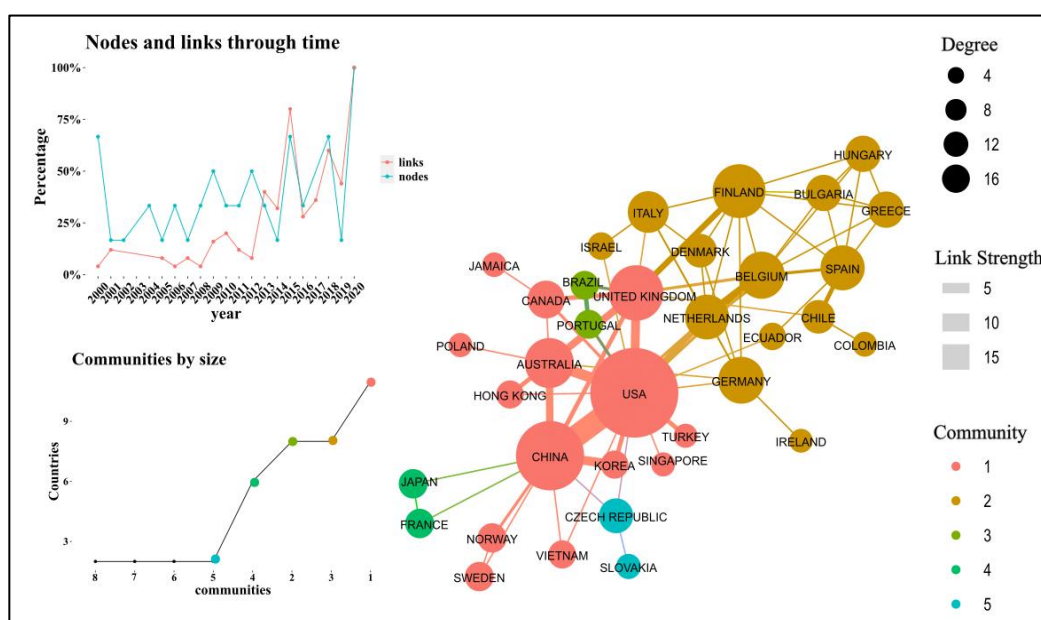
Figure 3 shows the country's collaboration in this field of research. In Spain, researchers exhibit a solid commitment to production and research in this subject area. Spain ranks second in the world for research on school and family, publishing 48 works, equivalent to 6.9% of all production. These works have received 210 citations. Of these, 210 are cataloged in Q1, 10 in Q2, 16 in Q3, and 3 in Q4. Also, it represents a significant contribution to the field of research. The United Kingdom is also deeply invested in the subject, as evidenced by its 45 publications, representing 6.47% of all production recognized or referenced in WoS and Scopus. The impact of this research is significant, with 23 of these publications in Q1 journals, a higher number compared to Spain. Six publications were in Q2 journals, and three were in Q3 journals.

The citations from other researchers amount to 886, demonstrating the profound significance and impact of the research carried out in the United Kingdom. Australia, United Kingdom, is similarly interested in the subject with 42 publications, equivalent to 6.47% of all production, and 783 citations (7.46%). The 21 publications were in Q1 journals, 8 in Q2 journals, 4 in Q3 journals, and 2 in Q4 journals. It shows that the subject continues to interest researchers in various countries. 39 papers were produced in Brazil, representing 5.6% of all production, with 97 citations. These citations were distributed as follows: 2 in Q1, 5 in Q2, 6 in Q3, and 5 in Q4. Other countries, including China, Canada, the Netherlands, Belgium, and Chile, also contribute to the scientific

community's research on this topic. This diverse group collectively accounts for 12.78% of the research, with 89 publications in indexed journals. The results in Table 2 do not solely reflect the work of those who cite them but also a large group of students, researchers, and parents from diverse backgrounds who strive to establish educational models globally and culturally engage in their children's cognitive development and family involvement in education.

Figure 3.

Country collaboration of School-Family.



Journal Analysis

Table 3 highlights a unique aspect of the search by limiting it to two books that, although appearing in Scopus as compilations of various SF-related texts, need to demonstrate a significant citation presence. Notably, social sciences and education journals range from Q1 to Q3 regarding their impact factor. The Children and Youth Services Review stands out as a noteworthy international multidisciplinary review focusing on the well-being of young people. Surprisingly, as indicated in the table, only one journal has a low citation impact despite its recent publication in 2021.

However, this text is still relevant to the study due to its systematic methodology in bibliometric analysis and educational models. These findings reflect the need for increased citations in family and school relationships, school psychology, social relationships, teaching, and mental health.

Table 3.

Quality Indicators and Indexing of Publications on Family–School–Community Relationships.

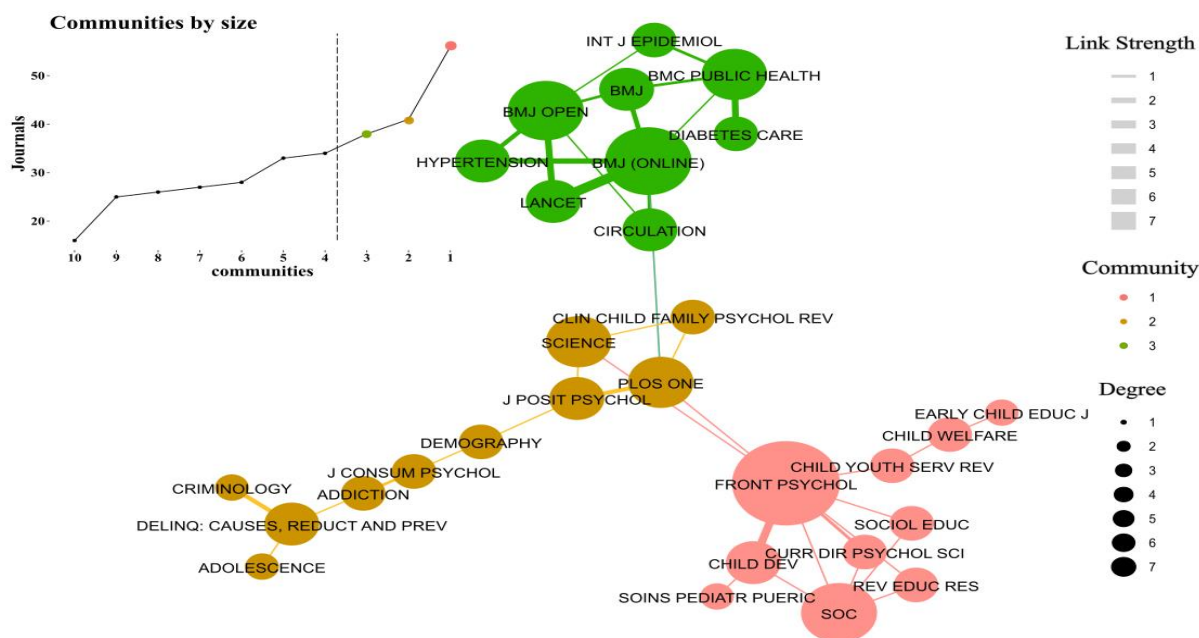
Journal	Wos	Scopus	Impact Factor	H index	Quantile
Establishing Family-School Partnerships in School Psychology: Critical Skills	0	9	-	-	-
The Wiley Handbook of Family, School, and Community Relationships in Education	0	8	-	-	-
Journal of Education for Teaching	7	7	1.19	41	Q1
School Mental Health	3	7	0.9	37	Q1
Aula Abierta	3	3	0.37	12	Q3
Children and Youth Services Review	4	5	0.8	97	Q1
Revista Brasileira de Educação do Campo-Brazilian Journal of Rural Education	6	0		*	*
School Psychology Review	5	5	0.73	95	Q1
International Journal of Educational Research	0	6	0.92	69	Q1
International Journal of Psychology	8	0	0.64	68	Q1

Figure 4 visually represents a selected sample of citations from the Scopus and WoS database searches. The mapping reveals three main clusters of journals, Community 1, Community 2, and Community 3, for analysis. Community 3 focuses on biomedical topics, and Community 2 focuses on psychological and mental health. In contrast, Community 1 highlights the relationship between childhood experiences and well-being, which is crucial for the study's theme.

Author analysis

This section will analyze the most productive authors (as seen in Table 4) and the relationships they have established within the field of SF (as shown in Figure 5). Table 4 displays the top 10 researchers in Education and Family based on the search, with their h-index (according to Scopus) and affiliation. The top researcher is Dr. Susan M. Sheridan from the University of Nebraska-Lincoln, who has published 15 articles. Her most highly cited work presents a framework for

Journal citation network of SF.



Top 10 most productive authors in SF.

No .	Researcher	Total papers	Scopus index	h-University
1	Susan Sheridan	M.15	36	Department of Educational Psychology, Nebraska Center for Research on Children, Youth, Families, and Schools, University of Nebraska, Lincoln, NE, 68588, United States

No .	Researcher	Total papers	Scopus index	h-University
2	Thomas Power.	11	42	The Children's Hospital of Philadelphia, Philadelphia, United States
3	Mautone, Jennifer A.	10	14	The Children's Hospital of Philadelphia, Philadelphia, United States
4	Marshall, Stephen A.	6	11	Ohio University, Athens, United States
5	Smith, Tyler E.	6	7	University of Missouri, Columbia, United States
6	Garreta-Bochaca, Jordi	5	8	Universitat de Lleida, Lleida, Spain
7	Macia-Bordalba, Monica	5	5	Universitat de Lleida, Lleida, Spain
8	Kim, Elizabeth Moorman	5	8	Emory University, Atlanta, United States
9	Saltmarsh, Sue	5	18	The Education University of Hong Kong, Hong Kong, China
10	Xu, Lijuan	5	7	Lishui University, Lishui, China

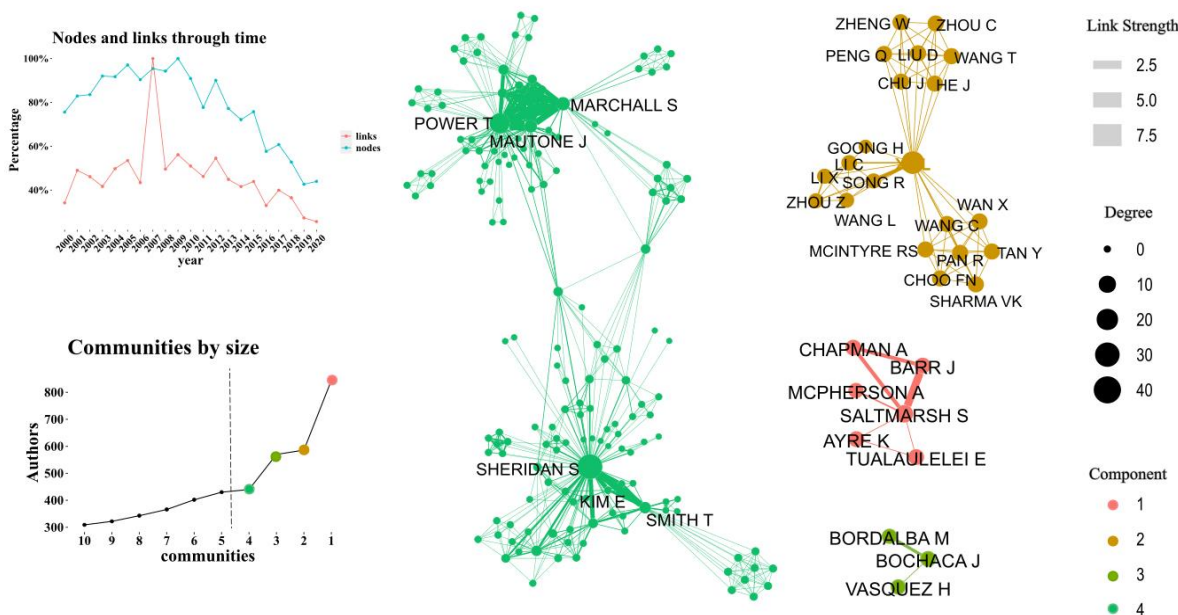
Figure 5 visually represents the academic social network based on the personal connections of each author listed in Table 4. Drs. Sheridan and Power have the most extensive scientific collaboration within the network. The size of each node reflects the number of connections established during article co-authorship. A scientific collaboration network is formed whenever Dr. Sheridan publishes an article with other co-authors. Interestingly, Professors Eagle and Brown are the link between Drs. Sheridan and Power, with the former focusing on educational processes and the latter on medical interventions. Professors Mautone and Marshall stand out in Dr. Power's cluster for their close collaboration. They have worked together on various articles, including an analysis of the role of parents in implementing EF for children with ADHD (Dawson *et al.*, 2016). This closeness is likely due to their shared affiliation at the Children's Hospital of Philadelphia. Similarly, Dr. Sheridan has collaborated with Professor Smith on research related to PE and the social-emotional functioning of boys and girls (Sheridan *et al.*, 2019).

The scientific collaboration network was divided into four components, with the first emphasizing the scientific collaboration among US researchers and two major groups representing different approaches to EF. The second component highlights the impact of Dr. Xu's networking, as demonstrated by her collaboration with Professor Song from the Nursing College of Chungnam National University in South Korea on topics such as the appropriateness of PE scales for China

(Song *et al.*, 2021) and the influence of social support (Xu & Song, 2016). These works have a nursing application.

Figure 5.

Academic Social Network of the most productive researchers.



Discussion

Tree of Science: Roots

This section analyzes the tree's roots, referencing the theory of systems (ToS), the Web of Science (WoS), the Scopus theoretical framework, and some perspectives on the school-family relationship. Bronfenbrenner (1979) analyzes the existence of support links between environments, especially home, school, and the workplace. The author adds that the progressive erosion of such links in American society contributes to the disorganization of families, schools, and upbringing environments, interrupting the essential socialization processes for cognitive development.

Meanwhile, Epstein (2010) stresses the importance of analyzing how schools care for children, which is reflected in how schools care proportionally for the families of the children. The above is a complex way of analyzing that relationship; if the child is seen as a mere student, then the families will be separated from the school, and the role will be that of a service user. Leaving the task of education in the hands of the school is challenging, which is why Fan and Chen (2001) place particular emphasis on the involvement of parents in cognitive processes, with favorable results. However, they refer to studies showing excessive parental supervision can weaken academic performance.

This underscores the need for a balanced approach, one that is informed by both experience and knowledge. Despite this, some authors speak of the student's self-efficacy, such as Epstein and Van Voorhis (2001), who relate four main processes: cognitive, motivational, affective, and selection. Self-sufficiency contributes to academic development; however, it is important to strike a balance in fostering it. The parents would think that the school should contribute to the students' happiness index, which leads to the happiness index of families. Fan and Chen (2001) use a subjectivist approach to evaluating happiness. In this sense, reliability is highlighted, leading to a good to excellent state.

Hill and Tyson, (2009) understand that the participation of parents in the child's learning models leads to lower academic performance. On the other hand, Henderson and Mapp (2002) focus on the impact of the school, family, and community on connections with academic performance. Over time, there has been a conviction that marks the difference between forming and educating and the need to send the formed child to school. For the authors, children achieve more positive outcomes when schools, families, and community groups work together to support learning. In this sense, some authors highlight the family's participation in the child's education.

Hill and Tyson, (2009) argue that family involvement in early preadolescence or adolescence in the school context and family relationships is important in academic socialization and the developmental stage. Similarly, Christenson, (2004), relying on the family's relationship with the school, proposes an ecological system thinking by implementing family-school partnership

programs. The above involves a cooperative approach to improving student outcomes and ensuring the child's academic and personal success.

The role of family analysis and schooling is crucial. Still, we must recognize the reality of disrupted families where we find homes without families, meaning children without parents or even without both parents. Rojas-Quiceno, (2018) analyzes the cultural importance attributed to the birth of a child in Latin American contexts, highlighting its biological, affective, and formative character. In this sense, the author points out: “Taking this family sentiment into account, the birth of a child, according to our culture, is more than a paternal, social, and spiritual responsibility. It must be a permanent structure of affection, values, principles, education, tenderness, forgiveness, example, tolerance, and coexistence” (Rojas-Quiceno, 2018, p. 45).

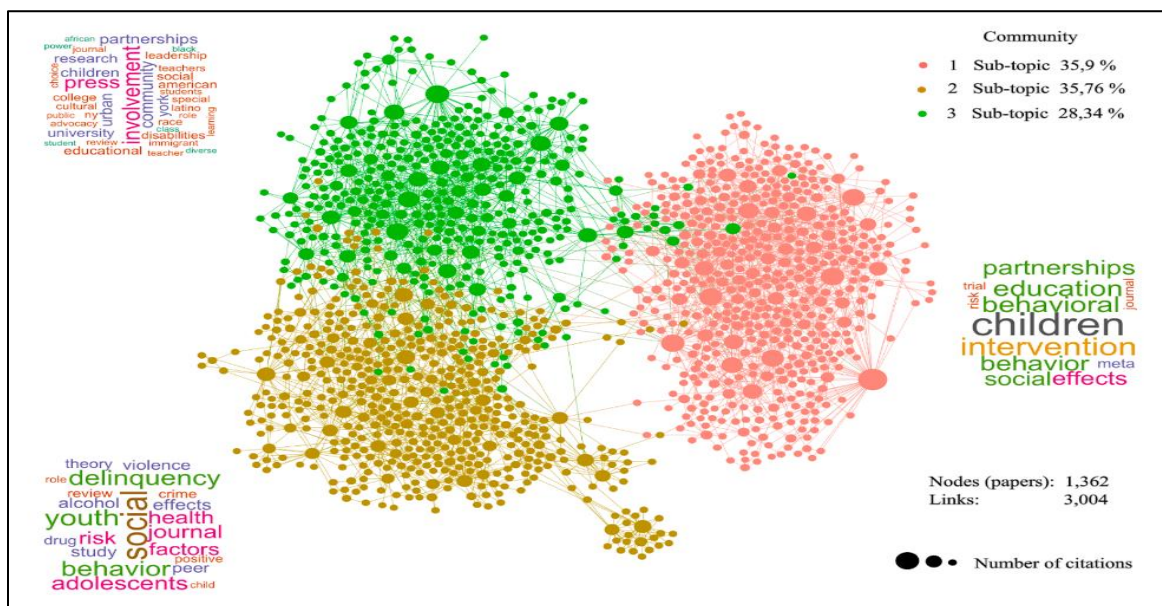
Trunk of Tree of Science

The first article in the trunk introduces a collaborative model between teachers, parents, and students, as demonstrated in a three-year longitudinal study (Minke & Anderson, 2003). The authors emphasize such collaborative scenarios' significant and positive impact on educational institutions. They also note that while some initial apprehension among participants may be expected, the overall outcomes are overwhelmingly positive. The above work is further supported by Christenson (2004), who found a positive relationship in children's abilities when a family-school model was involved. Additionally, Crosnoe, (2009) identifies the influence of social capital generated by interactions between primary and secondary school parents and teachers on students' academic performance in mathematics. The authors propose connecting these three actors to engage students more and positively impact their performance. These interactions between parents and teachers have also shown a negative effect on developing behavioral problems (Powell *et al.*, 2010). Due to the positive evidence of the family-school, Daniel, (2011) collects theoretical concepts to propose a pedagogical model that guides strategies to improve relationships between teachers and parents. Similarly Dusi, (2012) reviews the main concepts based on narrative research. The concept of the family-school has consolidated, showing its positive effects on the development and performance of students.

The family school methodology has been incorporated into students with special needs. For example, Power *et al.*, (2012) conducted a family-school experiment that was applied to children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). The results positively affected performance, family-school relationships, and parent behavior. Also, Mautone *et al.* (2012) showed that these practices improved teacher-student relationships when ADHD existed. On the other hand, when there are social and economic risks for children, the family school is a powerful tool for reducing behavioral problems and increasing positive teacher appreciation (Serpell & Mashburn, 2012). Finally, it is important to understand the challenges teachers face when implementing a family school. For example, Evans (2013) identified that it is important to increase self-confidence and self-awareness in teachers to implement the family school successfully. Figure 6 shows the citation network with the group of topics according to Blondel *et al.*, (2008) algorithm. Each group (cluster) is a branch, which will be explained in the next sections.

Figure 6.

Citation network of SF.



Branch 1: From Cooperation to a Constituent Relationship.

The manuscript reinforces the idea of active and collaborative parental participation in the institution and home setting. It persistently and significantly studies the interrelationship between family and school in supporting literacy in childhood (Bonanati & Rubach, 2022). In a 2022 multinomial study, the learning resources for the interaction of parents with their children facing learning difficulties were made notable, which was presented as a situation before the COVID-19 pandemic and was exacerbated during the lockdown period. The above was evidenced by identifying important traces about race and levels of education among parents (Jabbari *et al.*, 2022). The study finds a significant degree of parental collaboration in schoolwork in the context of Chinese immigration (recent study), which significantly contributes to specific tasks such as attending the institution for socialization with teachers and other parents. The strength of this study lies in the sociodemographic context and the degree of participation in the school (Yamamoto *et al.*, 2022).

A study on parents' beliefs in school environments validates their perception of learning in ethnic environments, providing valuable insights for educators and policymakers. Considering the category of participation challenges other research that involves the leading role and role of these school experiences (Gale *et al.*, 2022). Ultimately, the study references how trauma interferes with school participation when the language barrier persists among parents concerning their positive arrival in the school environment. This parent-child-school asymptote becomes feasible when the language and direct connection with the school occurs mainly among Spanish speakers in different language use environments. The above presents a challenge for new research that addresses this challenge (Woodard *et al.*, 2021).

A 2021 qualitative study presents the inherent reference on training and formation in parenting among mothers who attend school institutions seeking informational support on key topics regarding home-based accompaniment. The challenge of the solution-focused study, in sum, suggests that vulnerability, alienation, collaboration, and participatory action are crucial in the building of conversation between mothers and the school (McManus & Suizzo, 2021). This mixed study conducted over four consecutive years argues its results in the degrees of participation and collaboration from families towards the school on topics related to the educational performance of

children, the self-management of new knowledge among parents to be at the discursive level of the school which is hopeful as a factor of care and protection, and finally towards a new position of shared leadership. This ability suggests a new condition for each family that assumes the challenge of coherence with actively and dysfunctionally participating in other studies (Susnara *et al.*, 2021).

This quasi-experimental analysis conducted in Brazil demonstrates a new characterization of the family-educational relationship called debate circles, a contribution from predominantly mothers aimed at finding nodal points of contributing discussions related to discipline of their children in the face of stress from both parents and children in the school environment (Detoni *et al.*, 2021). In early childhood, family relationships with the school shape a bonding history that harmonizes the level of participation and the quality of involvement, setting a precedent for young children on how their parents appear in the school environment. The study's conclusion does not differentiate the points of convergence and divergence among the three levels of participation in the educational institution (Meng, 2020). The associativity implies a close relationship and a sense of responsibility in the family-school bond; the study proposes the notion of effective associations that drive children to engage in relationships of trust, care, and protection, which is made possible through the connections established between parents and teachers while preserving their acquired and assumed roles (Stapleton & Chen, 2020). This proposal underscores the crucial role of parents in the educational process, empowering them and making them feel important.

Branch 2 - Build Relationships / Resonant Links.

Meaningful changes occur towards a transition from early childhood in the family to school that determine a new connected consolidation based on what is learned at home and what is experienced in the institutional setting. This step is fundamental and is described by the study's four authors with a final consideration encoded in the contribution of successes and failures in the transition between the family and the school in early childhood (Tobin *et al.*, 2022).

The present study examines the relationship dimension of support, mental health, and its relationship with families. A value spectrum is given between peers and teacher-students, the final

impact of which is fundamental for mental health, providing a protective effect in the school environment. The mutualities among peers stand out compared to the adult-student relationship, indicating a better-developed understanding of student relationships (factor resilient-potent) (Butler *et al.*, 2022). The study was conducted in 2022 and focuses on student work in terms of intrinsic motivation as a student-learner.

The metamorphosis of collaborative support between family and school may initially arise as tension as roles and responsibilities are accommodated. However, it ultimately focuses on collaboration, co-participation, and collective motivation. It is suggested that this study be continued to develop the dispute between roles and their assumption in individual functions (Hernández González & Blackford, 2022). The study on emotions and their relational phases focused on family, school, and work on conflicts that arise there, highlighting the need to regulate healthy emotions as an independent protective factor and from the perspective of the three relationships (Suh *et al.*, 2022). In the text "Distance Learning during the COVID-19 Lockdown in Italy: The Role of Family, School, and Individual Factors," mental health reappears when regulating emotions in confinement environments. Establishing communication focused on the family and school helped regulate significant, valuable, and calm learning experiences; a favorable family and school climate for academic life represented a significant challenge (Pozzoli *et al.*, 2022). These two studies share a common denominator that strengthens the argument regarding the meaning of culture-family-school relationships: a triptych that narrates under the premise of knowing how to be and be in community environments of dialogue, bonds, and protection. The first study makes possible the importance of group processes, and the second, the significant relationships woven by family and edu-community factors. As an additional premise in both studies, the multidimensional and holistic aspect defines one as a social being to others (Christensen *et al.*, 2022; Mijs & Nieuwenhuis, 2022).

The promotion and prevention in school environments continue to be an idea to be developed in the world of education, acquiring a positive connotation, especially under the rigor of aspects in mental health, relationships-bonds, and participation associated with family and school. In this regard, it is important to emphasize the importance of self-care in terms of the main psychological

aspects of children and adolescents (Eugene, 2021). Learning and understanding as an opportunity go beyond a resilient narrative regarding child labor; it detracts from educational resources regarding accessibility and availability for those who need it most (Sanfo, 2021).

The journal Psychological Science and Education recently published a study that explores the role of friends in relationships in life and how, from a well-being perspective, a positive factor contributes to meaningful relationships with family and school. This component contributes to mental health (Bruk & Ignatjeva, 2021). To conclude this section, a longitudinal study is presented that examines the symbiotic relationship between the risks of depression and anxiety in adolescents. The two findings aim to promote positive experiences in family and school environments for the majority of mental health and to counteract depression. Levels of proximity and relationship with the community were found to be determining protective factors (Wang *et al.*, 2021).

Branch 3 - Experiences and Practices in Singularity: A Tribute to the Riches Present in Family and School.

In the vast and fantastic world of school and family, we continue to explore the branches of the ToS tree to interpret the world of science and school, where those we love are instilled. There, we expect to find true teachers capable of generating confidence with the highest human standards, those considered to have entered the path of being, doing, and teaching to love life. These teachers have sought to consolidate the learning relationship between children and their families and have taken the stance of participating in the children's cognitive achievements along with the school. Baxter and Kilderry (2022) describe how they foster the connection between families and their children's learning. The above is one of the aims and focuses of schools today. It is about rethinking and improving the school-family practice. Given the association schools promote with families, schools promote the connection between families and their children's learning as a focus for schools in research work (Hannon & O'Donnell, 2022). It is important to consider the emotional and affective aspects that underlie the family-school relationship based on approaches supported by empirical evidence on the role of affective connection in child development (Butler *et al.*, 2022).

Based on the above, it is possible to perceive the permanent interest that the school has in linking families to the formation process. In the case of Gerdes *et al.* (2022) regarding the study of Dutch families, pleasure shows the crossing of borders in equal and interdisciplinary collaboration, leading to practical knowledge. However, the socio-cultural part cannot be left behind. There is an urgent need to know more about the behavior of families toward the students. In this case, McWayne *et al.* (2022) describe the internal understanding of families to build their role in supporting children's education involving the family and school from an ethnocultural perspective. The above is an inclusive, welcoming, and pleasant school with spaces that help to think. One question arises: how could we reach the practice of involving the student and the family in the cognitive process? To that end, Williams (2022) suggest teacher training practices to engage the students in developing associations between family and school (Malinen & Roberts-Jeffers, 2021).

In these specific cases, where the topic of education and family is addressed, involving ethnic issues, we should look at Afacan *et al.* (2021), who used the Expansive Learning Action method to successfully observe the formation and maintenance of a diverse work constellation that represented families, educators, researchers, and community members regarding race. In education and training, focusing on early childhood is crucial. For this, Otero-Mayer *et al.*, (2021) cite preliminary studies, particularly in the context of the global pandemic, but specifically in Spain, where a lack of experience in home-based early childhood training is perceived. Expanding our focus beyond children to include teenagers, particularly those from immigrant families, leads us to a case study by Carey, (2021).

This study centers on Salvadoran children living in the United States. The family's cultural influence on the school process is unmistakable as it conveys educational messages. In-depth research on behavior in Wuhan, China, during critical times, as shown by Tan *et al.* (2021), reveals an enhancement in relationships between families and preschools. The fact that children, teenagers, and adult students from diverse backgrounds view their families as a source of strength is both impactful and heartening. It represents a cognitive and emotional support system, a support structure for children from different countries. From the school's perspective, the family is a pillar for the student's formation and learning process.

Conclusions

School has increasingly become vital for children's and youth's social and emotional development, especially when family structures face challenges. Studies show that the school and the family recognize their shared responsibility in shaping individuals who can positively contribute to society. This awareness has led to efforts to foster stronger ties between these two key environments, resulting in greater collaboration and an enhanced relationship between schools, families, and students.

One remarkable finding is the growing involvement of teachers who understand the need to integrate families into the learning process. When schools actively engage families, there is a noticeable improvement in the acceptance and effectiveness of educational initiatives, with students benefiting from the combined support of both institutions. Moreover, a committed family actively participating in the learning process significantly contributes to a student's success.

Research from multiple countries further validates the importance of this connection, as the relationship between school and family strengthens students' academic performance and emotional well-being. This body of work underscores the potential of family-school partnerships to drive transformative educational experiences that enhance learning outcomes and promote a holistic approach to education.

Open communication channels between families and schools are not just beneficial; they are necessary. They foster direct and honest dialogues, which are crucial in addressing current educational challenges. Recognizing cultural differences in family support systems is also essential, as each context requires tailored approaches to bridge these gaps effectively.

Furthermore, the role of schools in shaping lifelong learning is central to the broader goal of transforming society.

The COVID-19 pandemic's impact on this relationship must be considered. The shift to remote learning has underscored families' critical role in supporting education while presenting opportunities to rethink how schools and families collaborate. The pandemic has provided a unique opportunity to strengthen this partnership, paving the way for more integrated, cooperative approaches to education.

The research reaffirms the fundamental role of family-school collaboration. This collaboration shapes academic performance and significantly influences students' socio-emotional development. As we move forward, inclusive policies and flexible strategies will ensure that all families can effectively engage in their children's education, regardless of their socio-economic or cultural background. This continued collaboration will be vital in addressing the evolving needs of education in a rapidly changing world.

Author Contributions

The three authors participated in all steps of the manuscript preparation: methodology, investigation, formal analysis, writing—original draft, writing—review and editing. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Acknowledgments: This research was supported by the Universidad Católica Luis Amigó and Universidad Pontificia Bolivariana's Doctoral Program in Education. Our gratitude goes to the Core of Science Corporation for their contributions to software development and for providing insightful advice during the preparation of this paper

Conflicts of Interest: The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

References

- Afacan, K., Bal, A., Artiles, A. J., Cakir, H. I., Ko, D., Mawene, D., & Kim, H. (2021). Inclusive knowledge production at an elementary school through family-school-university partnerships: A formative intervention study. *Learning, Culture and Social Interaction*, 31, 100569. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2021.100569>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11, 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Auerbach, S. (2012). *School leadership for authentic family and community partnerships: Research perspective*. Taylor & Francis.
- Barrera-Rodríguez, A. M., Duque Oliva, E. J., & Vieira Salazar, J. A. (2023). Actor engagement: origin, evolution and trends. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 38(7), 1479–1497. <https://doi.org/10.1108/jbim-11-2021-0512>
- Baxter, G., & Kilderry, A. (2022). Family school partnership discourse: Inconsistencies, misrepresentation, and counter narratives. *Teaching and Teacher Education*, 109, 103561. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103561>
- Blondel, V. D., Guillaume, J.-L., Lambiotte, R., & Lefebvre, E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008(10), P10008. <https://doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008>
- Bonanati, S., & Rubach, C. (2022). Reciprocal relationship between parents' school- and home-based involvement and children's reading achievement during the first year of elementary school. *Societies*, 12(2), 63. <https://doi.org/10.3390/soc12020063>
- Bornmann, L., & Haunschild, R. (2023). Analysis of research performance using Scopus and Web of Science: A comparison of database coverage and citation impact. *Journal of Informetrics*, 17(1), 101234. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2023.101234>
- Bronfenbrenner, U. (1979). Contexts of child rearing: Problems and prospects. *American Psychologist*, 34(10), 844–850. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.844>
- Bruk, Z.Y., & Ignatjeva, S.V. (2021). Subjective well-being of 10- and 12-year-old children in the space of satisfaction with family, school and friends. *Psychological Science and Education*, 26(6), 164–175. <https://doi.org/10.17759/pse.2021260613>

- Butler, N., Quigg, Z., Bates, R., Jones, L., Ashworth, E., Gowland, S., & Jones, M. (2022). The contributing role of family, school, and peer supportive relationships in protecting the mental wellbeing of children and adolescents. *School Mental Health*, 14(3), 776–788. <https://doi.org/10.1007/s12310-022-09502-9>
- Carey, R. L. (2021). Foregrounding family: How Salvadoran American boys formulate college-going mindsets at the nexus of family, school, and the self. *Anthropology & Education Quarterly*, 52(3), 294–314. <https://doi.org/10.1111/aeq.12372>
- Christensen, D., Taylor, C. L., Hancock, K. J., & Zubrick, S. R. (2022). School readiness is more than the child: A latent class analysis of child, family, school and community aspects of school readiness. *Australian Journal of Social Issues*, 57(1), 125–143. <https://doi.org/10.1002/ajs4.138>
- Christenson, S. L. (2004). The family-school partnership: An opportunity to promote the learning competence of all students. *School Psychology Review*, 33(1), 83–104. <https://doi.org/10.1080/02796015.2004.12086233>
- Correa-Duque, M. C., & Gómez-Tabares, A. S. (2021). Evolución de la investigación sobre la cognición canina. Una revisión sistemática utilizando la teoría de grafos. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 13(3), 1–18. <https://doi.org/10.32348/1852.4206.v13.n3.27516>
- Crosnoe, R. (2009). Family-school connections and the transitions of low-income youths and English language learners from middle school to high school. *Developmental Psychology*, 45(4), 1061–1076. <https://doi.org/10.1037/a0016131>
- Daniel, G. (2011). Family-school partnerships: Towards sustainable pedagogical practice. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 39(2), 165–176. <https://doi.org/10.1080/1359866X.2011.560651>
- Dawson, A. E., Wymbs, B. T., Marshall, S. A., Mautone, J. A., & Power, T. J. (2016). The role of parental ADHD in sustaining the effects of a family-school intervention for ADHD. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 45(3), 305–319. <https://doi.org/10.1080/15374416.2014.963858>
- Desforges, C., & Abouchaar, A. (2003). *The impact of parental involvement, parental support and family education on pupil achievements and adjustment: A literature review*. Department for Education and Skills.
- Detoni, B., Arteche, A. X., & Pizzinato, A. (2021). Escola de Pais do Brasil: Análise de perfil e impacto no apoio social, práticas parentais, capacidades e dificuldades dos filhos e estresse parental. *Interação em Psicologia*, 25, 35–44.
- Dusi, P. (2012). The family-school relationships in Europe: A research review. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 2(1), 13–33. <https://doi.org/10.26529/cepsj.393>
- Eggers, F., Risselada, H., Niemand, T., & Robledo, S. (2022). Referral campaigns for software startups: The impact of network characteristics on product adoption. *Journal of Business Research*, 145, 309–324. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.03.007>
- Epstein, J. L. (2010). School/family/community partnerships: Caring for the children we share. *Phi Delta Kappan*, 92(3), 81–96. <https://doi.org/10.1177/003172171009200326>
- Epstein, J. L., & Van Voorhis, F. L. (2001). More than minutes: Teachers' roles in designing homework. *Educational Psychologist*, 36, 181–193. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3603_4

- Eugene, D. R. (2021). Connectedness to family, school, and neighborhood and adolescents' internalizing symptoms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(23). <https://doi.org/10.3390/ijerph182312602>
- Evans, M. P. (2013). Educating preservice teachers for family, school, and community engagement. *Teaching Education*, 24(2), 123–133. <https://doi.org/10.1080/10476210.2013.786897>
- Fan, X., & Chen, M. (2001). Parental involvement and students' academic achievement: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 13(1), 1–22. <https://doi.org/10.1023/A:1009048817385>
- Gale, A., Williams, A., Rowley, S., & Boyd, D. (2022). The role of parents' school climate perceptions on attainment expectations for Black middle schoolers. *Journal of Child and Family Studies*, 31(1), 61–69. <https://doi.org/10.1007/s10826-021-02156-2>
- Gerdes, J., Goei, S. L., Huizinga, M., & De Ruyter, D. J. (2022). True partners? Exploring family-school partnership in secondary education from a collaboration perspective. *Educational Review*, 74(4), 805–823. <https://doi.org/10.1080/00131911.2020.1778643>
- Gómez-Tabares, A. S. (2022). Asociación entre las funciones ejecutivas y la teoría de la mente en niños: Evidencia empírica e implicaciones teóricas. *Revista de Psicología Clínica con Niños y Adolescentes*, 9(3), 1–17. <https://doi.org/10.21134/rpcna.2022.09.3.2>
- Grisales, A. M., Robledo, S., & Zuluaga, M. (2022). Topic modeling: Perspectives from a literature review. *IEEE Access*, 1–1. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3232939>
- Hannon, L., & O'Donnell, G. M. (2022). Teachers, parents, and family-school partnerships: Emotions, experiences, and advocacy. *Journal of Education for Teaching*, 48(2), 241–255. <https://doi.org/10.1080/02607476.2021.1989981>
- Henderson, A. T., & Mapp, K. L. (2002). *A new wave of evidence: The impact of school, family, and community connections on student achievement (Annual Synthesis 2002)*. Southwest Educational Development Laboratory.
- Hernández González, C. A., & Blackford, B. J. (2022). Engagement as antecedent of academic achievement and the moderating impact of work-family-school inter-role conflict for online graduate students. *The International Journal of Management Education*, 20(3), 100676. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2022.100676>
- Hill, N. E., & Tyson, D. F. (2009). Parental involvement in middle school: A meta-analytic assessment of the strategies that promote achievement. *Developmental Psychology*, 45(3), 740–763. <https://doi.org/10.1037/a0015362>
- Hurtado-Marín, V. A., Agudelo-Giraldo, J. D., Robledo, S., & Restrepo-Parra, E. (2021). Analysis of dynamic networks based on the Ising model for the case of study of co-authorship of scientific articles. *Scientific Reports*, 11(1), 5721. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85041-8>
- Jabbari, J., Chun, Y., Johnson, O., Grinstein-Weiss, M., & McDermott, L. (2022). Perceptions of school quality and student learning during the pandemic: Exploring the role of students, families, schools, and neighborhoods. *Socius*, 8. <https://doi.org/10.1177/23780231221142955>
- Lu, Y., Yuan, M., Liu, J., & Chen, M. (2023). Research on semantic representation and citation recommendation of scientific papers with multiple semantics fusion. *Scientometrics*. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04566-5>

- Malinen, K., & Roberts-Jeffers, T. (2021). Who cares? Racial identity and the family–school relationship. *Race Ethnicity and Education*, 24(6), 827–841. <https://doi.org/10.1080/13613324.2019.1679756>
- Martínez-Gómez, M., Martínez-Rosado, A., & López-García, J. (2023). Tree of Science: A bibliometric tool to visualize and explore the scientific impact of publications. *Scientometrics*, 128(2), 789–812. <https://doi.org/10.1007/s11192-023-04789-3>
- Mautone, J. A., Marshall, S. A., Sharman, J., Eiraldi, R. B., Jawad, A. F., & Power, T. J. (2012). Development of a family-school intervention for young children with attention deficit hyperactivity disorder. *School Psychology Review*, 41(4), 447–466. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24353368>
- McManus, M. E., & Suizzo, M.-A. (2021). What do mothers experiencing poverty need to support their young children? Parent, school, and policy perspectives. *Child and Adolescent Social Work Journal*, 38(3), 239–254. <https://doi.org/10.1007/s10560-020-00673-5>
- McWayne, C. M., Melzi, G., & Mistry, J. (2022). A home-to-school approach for promoting culturally inclusive family–school partnership research and practice. *Educational Psychologist*, 57(4), 238–251. <https://doi.org/10.1080/00461520.2022.2070752>
- Meng, C. (2020). Parents' school involvement in kindergarten predicting child outcomes at first grade and third grade. *Merrill-Palmer Quarterly*, 66(4), 366–391. <https://doi.org/10.13110/merrpalmquar1982.66.4.0366>
- Mijs, J. J. B., & Nieuwenhuis, J. (2022). Adolescents' future in the balance of family, school, and the neighborhood: A multidimensional application of two theoretical perspectives. *Social Science Quarterly*, 103(3), 534–549. <https://doi.org/10.1111/ssqu.13137>
- Mingers, J., & Leydesdorff, L. (2015). A review of theory and practice in scientometrics. *European Journal of Operational Research*, 246(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.04.002>
- Minke, K. M., & Anderson, K. J. (2003). Restructuring routine parent-teacher conferences: The family-school conference model. *The Elementary School Journal*, 104(1), 49–69.
- Molas-Castells, N., Fuertes-Alpiste, M., Quintana Albalat, J., & Herreros Navarro, M. (2022). Publicaciones en medios sociales de adolescentes y jóvenes: Implicaciones para las actividades de creación de relatos digitales personales. *Revista de Educación a Distancia*, 22(70). <https://doi.org/10.6018/red.524161>
- Moral-Muñoz, J. A., Herrera-Viedma, E., Santisteban-Espejo, A., & Cobo, M. J. (2020). Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review. *Profesional de la Información*, 29(1). <https://doi.org/10.3145/epi.2020.ene.03>
- Morris, S. H., Nahmias, A., Nissley-Tsiopinis, J., Orapallo, A., Power, T. J., & Mautone, J. A. (2019). Research to practice: Implementation of family school success for parents of children with ADHD. *Cognitive and Behavioral Practice*, 26(3), 535–546. <https://doi.org/10.1016/j.cbpra.2019.03.002>
- Muñoz, E. G., Fabregat, R., Bacca-Acosta, J., Duque-Méndez, N., & Avila-Garzon, C. (2022). Augmented reality, virtual reality, and game technologies in ophthalmology training. *Information*, 13(5), 222. <https://doi.org/10.3390/info13050222>
- Otero-Mayer, A., González-Benito, A., Gutiérrez-de-Rozas, B., & Vélaz-de-Medrano, C. (2021). Family-school cooperation: An online survey of parents and teachers of young children in Spain. *Early Childhood Education Journal*, 49(5), 977–985. <https://doi.org/10.1007/s10643-021-01202-4>

- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Powell, D. R., Son, S.-H., File, N., & San Juan, R. R. (2010). Parent-school relationships and children's academic and social outcomes in public school pre-kindergarten. *Journal of School Psychology*, 48(4), 269–292. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2010.03.002>
- Power, T. J., Mautone, J. A., Soffer, S. L., Clarke, A. T., Marshall, S. A., Sharman, J., Blum, N. J., Glanzman, M., Elia, J., & Jawad, A. F. (2012). A family-school intervention for children with ADHD: Results of a randomized clinical trial. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 80(4), 611–623. <https://doi.org/10.1037/a0028188>
- Pozzoli, T., Gini, G., & Scrimin, S. (2022). Distance learning during the COVID-19 lockdown in Italy: The role of family, school, and individual factors. *School Psychology*, 37(2), 183–189. <https://doi.org/10.1037/spq0000437>
- Quiceno, G. R. (2013). *Índice de felicidad y buen vivir*. Editores Kn-Traste.
- Robledo, S., Zuluaga, M., Valencia, L. A., Arbelaez-Echeverri, O., Duque, P., & Alzate-Cardona, J.-D. (2022). Tree of Science with Scopus: A Shiny application. *Issues in Science and Technology Librarianship*, 100. <https://doi.org/10.29173/istl2698>
- Rojas-Quiceno, G. (2018). *Educación, colapso mental*. Lulu.com. <https://play.google.com/store/books/details?id=J9J1DwAAQBAJ>
- Sanfo, J.-B. M. B. (2021). Connecting family, school, gold mining community and primary school students' reading achievements in Burkina Faso – A three-level hierarchical linear model analysis. *International Journal of Educational Development*, 84, 102442. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2021.102442>
- Semanate-Quiñonez, H., Upegui-Valencia, A., & Upegui-Valencia, M. (2022). Blended learning, avances y tendencias en la educación superior: Una aproximación a la literatura. *Información Tecnológica*, 86(1), 46–68. <https://doi.org/10.23850/22565035.3705>
- Serpell, Z. N., & Mashburn, A. J. (2012). Family-school connectedness and children's early social development. *Social Development*, 21(1), 21–46. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9507.2011.00623.x>
- Sheridan, S. M., & Kratochwill, T. R. (2007). *Conjoint behavioral consultation: Promoting family-school connections and interventions*. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-71248-2>
- Sheridan, S. M., Smith, T. E., Moorman Kim, E., Beretvas, S. N., & Park, S. (2019). A meta-analysis of family-school interventions and children's social-emotional functioning: Moderators and components of efficacy. *Review of Educational Research*, 89(2), 296–332. <https://doi.org/10.3102/0034654318825437>
- Smith, T. E., Holmes, S. R., Romero, M. E., & Sheridan, S. M. (2022). Evaluating the effects of family-school engagement interventions on parent-teacher relationships: A meta-analysis. *School Mental Health*, 14(2), 278–293. <https://doi.org/10.1007/s12310-022-09510-9>

- Song, R., Li, C., Wang, L., Li, X., Zhou, Z., & Xu, L. (2021). Reliability and validity of the Chinese version of the Work-Family-School Role Conflicts Scale among nurses. *International Journal of Nursing Sciences*, 8(2), 221–226. <https://doi.org/10.1016/j.ijnss.2021.02.001>
- Stapleton, D. H., & Chen, R. K. (2020). Better outcomes for children in treatment foster care through improved stakeholder training and increased parent-school collaboration. *Children and Youth Services Review*, 114, 105010. <https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2020.105010>
- Suh, H., Kim, S. Y., & McCabe, E. A. (2022). Profiles of mindfulness and difficulties in emotion regulation and links to work-family-school conflict. *Journal of American College Health*, 70(2), 420–427. <https://doi.org/10.1080/07448481.2020.1752696>
- Sulyok, J., Fehérvölgyi, B., Csizmadia, T., Katona, A. I., & Kosztyán, Z. T. (2023). Does geography matter? Implications for future tourism research in light of COVID-19. *Scientometrics*, 1–37. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04615-z>
- Susnara, D. M., Berryhill, M. B., Ziegler, A., & Betancourt, A. (2021). Exploring effective pre-kindergarten family-school partnerships: The pre-kindergarten Parent Leadership Academy Program. *Journal of Higher Education Outreach and Engagement*, 25(2), 137–150. <https://openjournals.libs.uga.edu/jheoe/article/view/1492>
- Tan, F., Gong, X., Zhang, X., & Zhang, R. (2021). Preschoolers' approaches to learning and family-school connections during COVID-19: An empirical study based on a Wuhan sample. *Early Childhood Education Journal*, 49(5), 869–879. <https://doi.org/10.1007/s10643-021-01217-x>
- Tobin, E., Sloan, S., Symonds, J., & Devine, D. (2022). Family-school connectivity during transition to primary school. *Educational Research*, 64(3), 277–294. <https://doi.org/10.1080/00131881.2022.2054451>
- Torres, G., Robledo, S., & Rojas-Berrio, S. (2021). Market orientation: Importance, evolution, and emerging approaches using scientometric analysis. *Criterio Libre*, 19(35), 326–340. <https://doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.2021v19n35.8371>
- Valencia-Hernández, D. S., Robledo, S., Pinilla, R., Duque-Méndez, N. D., & Olivar-Tost, G. (2020). SAP algorithm for citation analysis: An improvement to Tree of Science. *Ingeniería e Investigación*, 40(1), 45–49. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v40n1.77718>
- Wang, D., Jiang, Q., Yang, Z., & Choi, J.-K. (2021). The longitudinal influences of adverse childhood experiences and positive childhood experiences at family, school, and neighborhood on adolescent depression and anxiety. *Journal of Affective Disorders*, 292, 542–551. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2021.05.108>
- Weiss, H. B., Lopez, M. E., & Caspe, M. (2018). *Joining together to create a bold vision for next-generation family engagement: Engaging families to transform education*. Global Family Research Project. <https://eric.ed.gov/?id=ED590436>
- Wilder, S. (2020). Effects of parental involvement on academic achievement: A meta-synthesis. *Educational Review*, 72(3), 293–310. <http://dx.doi.org/10.1080/00131911.2013.780009>
- Williams, K. (2022). Bernstein's theoretical–empirical dialectic as a methodological basis for uncovering the social relations of pedagogic communication about family–school partnerships in the initial teacher education curriculum. *International Journal of Research & Method in Education*, 1–11. <https://doi.org/10.1080/1743727X.2022.2094357>

- Woodard, G. S., Brewer, S. K., Fuller, A. K., Lennon Papadakis, J., & DeCarlo Santiago, C. (2021). The effect of child gender, parent school involvement, and parent language use on school functioning among trauma-exposed Latinx youth. *Hispanic Journal of Behavioral Sciences*, 43(3), 294–310. <https://doi.org/10.1177/07399863211041458>
- Xu, L., & Song, R. (2016). Influence of work-family-school role conflicts and social support on psychological wellbeing among registered nurses pursuing advanced degree. *Applied Nursing Research*, 31, 6–12. <https://doi.org/10.1016/j.apnr.2015.12.005>
- Xu, S., Li, L., & An, X. (2023). Do academic inventors have diverse interests? *Scientometrics*, 128, 1023–1053. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04587-0>
- Yamamoto, Y., Li, J., & Bempechat, J. (2022). Reconceptualizing parental involvement: A sociocultural model explaining Chinese immigrant parents' school-based and home-based involvement. *Educational Psychologist*, 57(4), 267–280. <https://doi.org/10.1080/00461520.2022.2094383>
- Zhu, X., & Liu, H. (2022). Evaluating scientific impact: A comparative analysis of Web of Science and Scopus databases. *Scientometrics*, 127(3), 456–473. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04567-5>
- Zuluaga, M., Robledo, S., Arbelaez-Echeverri, O., Osorio-Zuluaga, G. A., & Duque-Méndez, N. (2022). Tree of Science: A web-based tool for scientific literature recommendation. Search less, research more! *Issues in Science and Technology Librarianship*, 100. <https://doi.org/10.29173/istl2696>

The Hybridization Hypothesis of Ecological Knowledge Systems

Hipótesis de Hibridación de los Sistemas de Conocimiento Ecológico

Robert C. Thigpen III

Marine Conservation without Borders & Baruch Institute for Marine & Coastal Sciences, United States

robby@marinefrontiers.org <https://orcid.org/0000-0001-9783-4228>

Recibido: 29/07/2025

Aprobado: 14/11/2025

Doi: <https://doi.org/10.48204/rea.v4n2.8847>

Abstract

This paper examines the integration of Indigenous and Creole ecological knowledge systems with Western science through the lens of the Hybridization Hypothesis of Ecological Knowledge Systems. This hypothesis posits that synthesizing diverse ecological knowledge systems creates a more holistic framework for environmental management. Central to this integration is the concept of biocultural constants, shared features of biological and cultural systems that remain consistent across time and space within a species range or ecoregion. Through a case study of a bilingual mangrove curriculum, this study demonstrates that communities across linguistic groups independently recognize common ecological knowledge, supporting the existence of biocultural constants. The findings emphasize that hybridized ecological knowledge, delivered in the mother tongue, strengthens ecological stewardship, fosters cross-cultural collaboration, and enhances community resilience. Recognizing and integrating diverse ecological perspectives through hybridization provides a pathway toward more inclusive, adaptive, and sustainable environmental strategies.

Keywords: Biocultural education, ecological translanguaging, Indigenous ecological knowledge, hybridization, multilingual science education.

Resumen

Este artículo examina la integración de los sistemas de conocimiento ecológico indígenas y criollos con la ciencia occidental, a través del enfoque de la Hipótesis de Hibridación de los Sistemas de Conocimiento Ecológico. Dicha hipótesis plantea que la suma de sistemas diversos de conocimiento ecológico crea un marco más holístico para la gestión ambiental. Un concepto central en esta integración es el de constantes bioculturales, es decir, características compartidas de los sistemas biológicos y culturales que se mantienen constantes a lo largo del tiempo y el espacio dentro del rango de una especie o una ecorregión. A través del estudio de caso de un currículo bilingüe sobre manglares, esta investigación demuestra que comunidades de distintos grupos lingüísticos reconocen de manera independiente conocimientos ecológicos comunes, lo que respalda la existencia de constantes bioculturales. Los hallazgos destacan que el conocimiento ecológico hibridado, transmitido en la lengua materna, fortalece el compromiso ambiental, promueve la colaboración intercultural y mejora la resiliencia comunitaria. Reconocer e integrar perspectivas ecológicas diversas mediante la hibridación ofrece un camino hacia estrategias ambientales más inclusivas, adaptativas y sostenibles.

Palabras clave: Educación biocultural, translenguaje ecológico, conocimiento ecológico indígena, hibridación, educación científica multilingüe.



Introduction

The integration of different ecological knowledge systems from diverse linguistic and cultural communities within shared ecoregions is pivotal to the long-term success and sustainability of conservation and resource management projects (Maffi, 1998; Berkes, 2009; Cajete, 2000; González & Gómez-Baggethun, 2011). The Hybridization Hypothesis of Ecological Knowledge Systems posits that blending local ecological knowledge with Western scientific paradigms can create a more comprehensive and culturally relevant framework. Importantly, this hybridization must occur without the imposition of Western ideological frameworks. The goal is to foster genuine epistemological integration, resulting in pedagogies where Indigenous and Creole knowledge systems retain their integrity and continue to shape ecological understanding and stewardship on their own terms. This goal also reflects global concerns, as UNESCO (2016) estimates that over 40% of the global population lacks access to education in a language they understand, significantly affecting learning outcomes and equity in education. As Aikenhead (1996, 2001) has argued, learning science for many students, particularly those from Indigenous communities should be reframed not as assimilation but as culture acquisition, guided by respectful border-crossing pedagogies.

These languages, often relegated to the market, the street, or the domain of elders have long been viewed as relics of the past, unsuitable for science or formal education. One of the central aims of this work is to flip that trajectory and to demonstrate that these languages are equal to all other languages. Through co-developed biocultural curricula, the study repositions these languages as contemporary, vital, and epistemologically robust. By bringing Kriol, Maya, Mopán, Yucatec Maya and other Indigenous and Creole languages into local classrooms, universities, and even biology laboratories, the research demonstrates that they are equal in status and capacity to national and colonial languages. They are not just part of the past, they are strategic tools for the future (UNESCO, 2003; Hornberger, 2008; McCarty, 2003).

In resource management, language plays an essential role in bridging divides between ecological knowledge systems (Gómez-Baggethun *et al.*, 2013; Gómez-Baggethun, Reyes-García, 2013; Soto *et al.*, 2017). Local languages are increasingly being recognized as crucial to maintaining ecological knowledge systems (Reyes-García *et al.*, 2016; Maffi, 2001).

The hybridization of ecological knowledge systems is an organic phenomenon that occurs naturally within ecoregions (Berkes & Turner, 2006) and should include Western ecological frameworks. Historically, colonial institutions marginalized local ecological knowledge systems, displacing Indigenous and Creole understandings of biodiversity with Eurocentric scientific narratives (Nabhan, 1997). This erasure has led to a narrowing of ecological perspectives at a time when diverse ecological knowledge systems are critical for fostering resilience in socioecological systems. Aikenhead (1996) introduced the concept of cultural border crossing in science education to describe the negotiation students must undertake when moving between the worldviews of their communities and that of Western science, a process similarly central to hybridized ecological frameworks.

As part of this framework, the article introduces the concept of *biocultural constants* (a term introduced here), recurring ecological features, species, or landscape interactions that hold shared cultural significance across multiple Indigenous or Creole communities and Western biologists. These biocultural constants serve as conceptual anchors for aligning local ecological knowledge with formal science education, allowing STEM curricula to reflect and reinforce both ecological patterns and cultural continuity.

The study also introduces two interrelated pedagogical concepts and practices: ecological translanguaging (a term introduced here) and transknowledging. *Ecological translanguaging* refers to the intentional use of multiple languages in science education to support ecological understanding across linguistic, cultural, and epistemological boundaries. Drawing on the tradition of translanguaging as both a sociolinguistic and ecological practice (Fine, 2016; García & Kleyn, 2016; Lewis *et al.*, 2012; Wei, 2018), and informed by language ecology theory (Haugen, 1972). The term here describes how multilingual learners mobilize their full linguistic repertoire to engage

with both Indigenous or Creole and Western ecological knowledge. UNESCO (2003) has long advocated for multilingual education as a key to ensuring linguistic rights, preserving cultural knowledge, and enhancing pedagogical quality in linguistically diverse societies.

Transknowledging refers to the integration of distinct knowledge systems, especially the blending of Indigenous ecological knowledge with Western science within multilingual educational societies (Nyblade et al. 2024). Together, these concepts offer a theoretical and pedagogical foundation for hybrid curriculum design that affirms linguistic rights, promotes epistemological equity, and supports biocultural resilience (Poot Cahun, 2025).

By embracing the Hybridization Hypothesis of Ecological Knowledge Systems, conservation efforts can draw on the empirical foundations of traditional ecological knowledge systems while leveraging the analytical tools of Western science. Hybridized systems allow for greater flexibility, inclusivity, and cultural relevance, offering new pathways toward environmental sustainability and the revitalization of biocultural diversity.

Methods and Materials

This study adopts a qualitative, practice-based case study design grounded in cross-cultural curriculum development and multilingual ecological education. Drawing on data from classroom implementation, pilot site feedback, researcher observations, and educator co-reflections across Belize and México, it explores how hybridized ecological knowledge systems function in real educational contexts. Although not structured as a conventional ethnography, the study incorporates narrative and observational elements that reflect its roots in lived educational practice. Prototypes were co-developed with teachers and community members, then implemented in over a dozen sites, serving as empirical tools for testing the hypothesis. This multi-sited, iterative approach allows for triangulation through field notes, informal interviews, and multilingual student and teacher feedback. The methods presented below are organized thematically to reflect the sequence and nature of the curriculum's development and deployment.

The initial efforts that eventually led to the Hybridization Hypothesis began with the development of *Lillian the Lobster*, a science book originally written in Belizean Kriol through a collaboration among Robert Thigpen, Celeste Castillo, Yarisel Castillo, and Zaida Majil for Belizean fishing communities. The Kriol text was later copy-edited by Silvanna Udz and Ms. Myrna Manzanares of the Belize National Creole Council. The book narrates the life cycle of the Caribbean spiny lobster (*Panulirus argus*), beginning with Lillian's hatching on the reef and her drift into the open ocean, where she lived as a zooplanktonic predator in the pelagic zone. After approximately 6–8 months, she returned to the coast and settled among seagrass meadows, mangrove roots, and algal mats, ecosystems essential to juvenile development. Along her journey, Lillian encountered iconic marine species of the Mesoamerican Barrier Reef System, including whale sharks (*Rhincodon typus*), manatees (*Trichechus manatus*), sea turtles, and invasive lionfish (*Pterois* spp.). Each species was introduced in a dedicated chapter, alongside chapters focused specifically on the ecological functions of mangroves and seagrasses. The narrative was deliberately designed to be both engaging and accessible for readers of all ages, while remaining grounded in scientific observation and community knowledge.

Lillian the Lobster was developed using a biocultural methodology that combined autoethnographic reflection, ethnographic collaboration, and ecological accuracy. In shaping the narrative, the inquiry was guided by the question: *If I had grown up in Belize, what would my grandfather have taught me about the life history of P. argus and the creatures it encounters during its life cycle?* This question, rooted in memory, identity, and cultural imagination became the project's conceptual and emotional anchor. It reflects the autoethnographic foundation from which the work emerged: an effort to envision the marine world not only through scientific observation, but also through inherited ways of knowing embedded in family stories, gestures, and traditions.

Ethnographically, the book grew from sustained engagement with Belizean fishers and educators, drawing on oral histories, linguistic expertise, and local ecological knowledge. The fishers treated the researcher as one of their own and freely shared the ecological knowledge their grandfathers had taught them, often around docks, in boats, or during quiet moments between work. Their trust, generosity and encouragement made this work possible, and it was never approached as an act of

cultural extraction, but as a relationship rooted in mutual respect and shared commitment to stewardship. Biologically, the narrative aligned with current marine science on lobster development and ecological connectivity. By embedding ecological content in Belizean Kriol and anchoring the narrative in both scientific and community-based epistemologies, *Lillian the Lobster* served as a prototype for the STEM Plus model being developed, demonstrating how multilingual, culturally grounded science education can promote epistemological equity and strengthen conservation efforts. This finding aligns with Poot Cahun's (2025) observation that "students not only learned about biology, but also strengthened their cultural identity by seeing themselves reflected in texts written in their own language and containing familiar cultural references".

This inquiry was guided by two working hypotheses. First (H-1), that through collaboration with Belizean fishers and the ecological knowledge passed down through generations, it would be possible to develop a science curriculum that was both culturally resonant and ecologically robust. Second (H-2), that similar approaches might allow the development of classroom science materials that are culturally meaningful and ecologically valid for each linguistic or cultural group within a shared ecoregion or species range. These guiding propositions informed the co-development of both *Lillian the Lobster* and the multilingual mangrove prototypes described below. Subsequent iterations of this methodology, including more advanced prototypes not detailed here, were later evaluated in formal Maya classroom settings by Poot Cahun (2025), whose findings offer additional empirical support for both the methodological approach and its cultural relevance.

In addition to these hypotheses, this study explored three interrelated research questions:

- Can co-authored science materials grounded in local language and ecological knowledge maintain both cultural relevance and scientific integrity?
- Did distinct linguistic communities recognize shared ecological understandings, described here as biocultural constants?
- How does mother-tongue ecological instruction affect student engagement and perceived relevance in science education?

This study follows a multi-phase, qualitative research design grounded in design-based research, ethnographic collaboration, and autoethnographic reflection. Lillian the Lobster was not formally piloted but was shaped through ongoing dialogue with Belizean fishers and Kriol-speaking community members, whose linguistic and ecological insights informed the narrative. Building on that foundation, the mangrove prototype (Thigpen et al., 2016) was co-developed by Robert Thigpen, in collaboration with José Antonio Romero Durón and Grazzia Matamorás Erazo, marine scientists with extensive experience working alongside Indigenous and Creole seafaring communities of Honduras.

The resulting bilingual prototype was piloted in Kriol- and Mopán-speaking classrooms in Belize, as well as in an Indigenous primary school in México where the materials were written in Yucatec Maya. These teachers also served as ethnotranslators. Feedback from these educators, captured through written comments and informal dialogue, was used to refine the curriculum. While no standardized instruments were employed, data were documented in field notes, correspondence, and narrative feedback, and subsequently analyzed thematically.

A striking outcome of this process was the independent recognition of key ecological insights, such as the role of mangroves as fish nurseries and the behavior of coastal birds across both participating classrooms and unrelated linguistic groups, including the Guna and Ngäbe, who were not directly involved in the project at that time. After reading a Wayuu–Spanish edition of the mangrove prototype, a Ngäbe participant in Changuinola, Panamá remarked that the descriptions reflected his own community's knowledge and asked when the researcher had visited his people to learn these things; in reality, this was the researcher's first encounter with a member of the Ngäbe community. Similarly, a Guna elder in Panamá City explained that he had learned about juvenile fish sheltering in mangroves simply by swimming in the sea as a child.

These thematic convergences contributed to the articulation of the concept of *biocultural constants*: shared ecological understandings that emerge across cultural and linguistic contexts within a common ecoregion. This participatory, community-engaged approach illustrates the

exploratory character of the Hybridization Hypothesis and its commitment to both scientific and cultural integrity.

Upon the return of the first science book written in Kriol to Belize, community reception was overwhelmingly positive. Many Belizeans expressed enthusiasm at encountering scientific material that reflected their own language and cultural identity. However, during a pivotal conversation, Polo Heredia, a respected Belizean lobster fisher of Maya descent whose father was among the founders of the Northern Fishermen's Cooperative Society Ltd., observed that lasting impact would not be achieved unless such educational materials were made accessible to all linguistic communities throughout Belize and across the wider Caribbean basin.

Although the critique was initially unexpected, subsequent reflection grounded in ecological insights into larval recruitment and regional fisheries connectivity (Cowen et al., 2006; Butler et al., 2010, 2018) confirmed its validity. The interconnectedness of Caribbean marine fisheries necessitated an equally interconnected educational strategy. Efforts to protect biodiversity and promote sustainable fisheries could not succeed unless ecological education transcended linguistic and cultural boundaries. What began as a local initiative therefore evolved into a broader mission: to support basin-wide biocultural diversity by integrating multiple languages and ecological knowledge systems into formal educational materials. To advance this mission, the nongovernmental organization *Marine Conservation Without Borders* (MCB) was established as a platform dedicated to promoting biocultural diversity and multilingual ecological education across the greater Caribbean basin and Mesoamerica.

Building on this new understanding, the pilot scope was narrowed to a specific, globally relevant theme: mangrove ecosystems. Mangroves were selected because of their widespread distribution across tropical latitudes and their critical role in marine conservation efforts (Spalding et al., 2010). They also provided an ideal ecological entry point for fostering collaboration across diverse Caribbean linguistic communities.

The mangrove chapter, originally developed within *Lillian the Lobster*, was subsequently translated into English, expanded both culturally and scientifically, and transformed into the first

STEM Plus prototype biocultural textbook. This process was carried out collaboratively in Colonia Kennedy, Tegucigalpa, Honduras, with marine biologists Grazzia Matamorás Erazo and, José Antonio Romero Durón whose experience working alongside Indigenous and Creole fishers informed the development (Thigpen et al., 2016).

These educational materials are referred to as STEM Plus because they encompass Science, Technology, Engineering, and Mathematics. However, unlike conventional STEM curricula, STEM Plus textbooks integrate concrete and tangible aspects of local flora, fauna, and thus local ecological knowledge, ensuring a more contextualized learning experience. Furthermore, they are delivered in the local language, enhancing accessibility and cultural relevance for young learners.

As introduced above, our mother-tongue ecological instruction builds on familiar linguistic and cultural frameworks to deepen ecological engagement. This principle is affirmed by multiple international and regional agreements. The *United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples* (UNDRIP, 2007) and the *Charter on Language Policy and Language Rights in the Creole-Speaking Caribbean* (ICCLR, 2011) both advocate for the protection of Indigenous and Creole languages, the right to culturally relevant education, and the safeguarding of traditional ecological knowledge systems. These goals are further reinforced by the *Cartagena Convention* (United Nations Environment Programme [UNEP], 1983), a regional legal framework for the protection of the marine environment in the greater Caribbean basin and emphasizes ecological cooperation and habitat conservation. By embedding STEM education within these linguistic and ecological contexts, the mangrove prototype operationalized these commitments at the community level.

The mangrove prototype consisted of brief chapters approximately half a page, each featuring two reading comprehension questions and two hands-on classroom activities. It also included an outdoor activity focused on mangrove gardening techniques and a glossary detailing scientific terms and descriptions of local flora and fauna. Although initially developed for research purposes, the prototype was subsequently tested in Kriol and Mopán [Maya] classrooms in Belize, and

Yucatec Maya classrooms in Quintana Roo, México where students and teachers alike praised its cultural resonance and accessibility.

While this project began as a multilingual translation effort, it also created the conditions for what this paper terms ecological translanguaging, the emergent practice of using multiple languages fluidly to express ecological knowledge across cultural and epistemological boundaries. In this framework, local languages do not merely convey translated scientific content but actively shape how ecological concepts are taught, understood, and adapted within their communities. This approach mirrors Aikenhead's (1997) model of the teacher as a "culture broker," a guide who helps learners navigate between the epistemologies of Western science and those rooted in Indigenous cosmologies.

Results

The bilingual Mangrove prototype STEM Plus books authored in Kriol (Thigpen et al., 2018), Mopán (Thigpen et al. 2021) and Yucatec Maya (Thigpen & Poot Cahun 2018) encapsulate traditional ecological knowledge that aligns closely with empirical ecological research. Observations such as birds nesting in mangroves, the role of mangroves as nurseries for juvenile fish, and the prevention of coastal erosion are all substantiated by ecological studies (e.g., Ravaoarinorotsihoarana et al., 2023; Longepée et al., 2021; McKee et al., 2021). This congruence affirms the scientific legitimacy of community-derived ecological claims and underscores the value of integrating diverse ecological knowledge systems into conservation education.

Student enthusiasm across Kriol, Mopán, and Maya classrooms revealed the powerful impact of culturally grounded language in science instruction, validating both the relevance of the content and the emotional connection to place and identity. The following reflections illustrate the reception, validation, and cross-cultural relevance of the mangrove prototype.

At Buttonwood Bay Nazarene Primary School in Belize City, teacher Yaricel Castillo shared: "I had the opportunity to write a Creole biology book with Robby, which I integrated into my classroom. The experience was rewarding as my students were excited to read the Creole and felt

a deep connection to the science and culture it represents. Seeing their enthusiasm and engagement with the material reaffirmed the importance of integrating diverse literature into education, fostering a sense of inclusivity and appreciation for linguistic diversity among young learners.” – Yaricel Castillo

In San Jose Village, teacher Richard Peck reflected: “I am thankful you gave the San Jose RC School biology books written in Mopán. Since Mopán is our language, it was greatly appreciated by my students. As an educator, I consider the book to be student-centered and user-friendly. Furthermore, the book aligns with the Belize National Competency Based Curriculum, which calls for the implementation of hands-on activities for our students, including reading and writing in our Mopán language. More books like this will benefit our students and the future of our Mopán communities and nation in understanding the importance of conservation and ways of combating climate change.” – Richard Peck.

At Gonzalo Aguirre Beltrán Indigenous Primary School in X-Hazil Norte, Quintana Roo, México teacher Hilario Poot Cahun shared: “I am very proud of this work for two reasons. The first is that Robby’s aim was to combine different systems of knowledge: scientific and local. The topic of mangroves is being brought to Indigenous communities through his ethno-translation methods makes science more relevant and accessible to Maya communities. The second reason is that our language is reaching new places, disciplines, and educational levels. Many people believe that Indigenous languages are only useful at home, in the milpa [cornfield], or among friends. However, with this project, our language is expanding its reach and gaining new value. Also, my students were learning about science in their mother tongue for the first time. They loved the book because of the images and the text. They saw that their language was not just for the market, they could see their language being used to teach science.” -Hilario Poot Cahun

Following this positive reception, the mangrove prototype was shared across the Caribbean and Mesoamerican regions and beyond, where it was adapted for fourteen seafaring linguistic communities [see Table 1]. In each case, community members recognized aspects of their own ecological knowledge within the content, affirming the cross-cultural relevance of the curriculum

and validating the existence of biocultural constants. Moreover, professional biologists and educators who reviewed the prototype consistently found the content indistinguishable from modern biology curricula, affirming the scientific rigor of the materials. One such educator, Dr. Glen Aikenhead, a foundational scholar in Indigenous science education, described the mangrove books as “showcases of what can be accomplished for high school biology instruction located in ocean-front school jurisdictions” and praised them as “superior templates for other Western science courses to draw on” (G. Aikenhead, personal communication, 05 August, 2020). This convergence where both local communities and scientific experts independently validated the material's accuracy and relevance strongly supports the concept of biocultural constants. It demonstrates that Indigenous and Creole ecological knowledge systems often encode empirical environmental observations that align closely with contemporary scientific understandings.

This cross-cultural validation was further reinforced by a formal study conducted in México.

Hilario Poot Cahun's (2025) thesis, conducted in Maya-speaking Indigenous primary schools of Quintana Roo, evaluated fourth- and fifth-grade multiple chapter STEM Plus textbooks whose themes were originally developed for use in other countries, including locations as distant as the Azuero Peninsula in Panamá. One such theme focused on primate ecology and conservation, was developed by Dr. Pedro G. Méndez-Carvajal, a Panamanian primatologist, and his graduate student, Karol Gutiérrez, affiliated with the University of Panamá. Despite their external origin, the materials functioned effectively in a new cultural and linguistic context, demonstrating the portability of the STEM Plus model and offering strong empirical support for the existence of biocultural constants. These findings revealed that students not only gained ecological knowledge but also felt a stronger connection to their cultural identity, reinforcing the core proposition of this paper: that hybridized ecological knowledge systems, when delivered in the mother tongue, can transcend geographic boundaries while remaining culturally resonant and scientifically rigorous.

The concept of biocultural constants arises from the recognition that certain ecological understandings are consistently present across different cultural and linguistic communities inhabiting the same or similar ecoregions (Berkes et al., 2000; Toledo & Barrera-Bassols, 2009).

Biocultural constants are observed when geographically dispersed communities independently arrive at parallel understandings of ecological phenomena.

One example involves the ecological role of the howler monkey (*Alouatta spp.*) in seed dispersal and forest regeneration. Despite geographic, linguistic and cultural separation in Latin America, many Indigenous groups recognize the importance of these primate's in maintaining forest ecosystems (Baniwa & Schwartzman, 2005; Cortés-Ortiz et al., 2015; Estrada et al., 2022; Gilmore & Vriesendorp, 2021; Rajashekarappa, 2023). Additionally, the jaguar (*Panthera onca*) is admired both as a traveler between worlds and for its ecological role as an apex predator and for helping maintain ecosystems balance (Ceballos et al., 2007; Colchero et al., 2011; Ripple et al., 2014).

Biocultural constants suggest that ecological knowledge systems, while culturally mediated, are also profoundly empirical. They evolve through sustained environmental engagement and are validated by practical outcomes, such as the success of agroforestry practices, the sustainability of hunting traditions, or the resilience of agricultural systems (Alayco et al, 2007; Garnatje, Vallès, & Parada, 2014; Schulz et al., 1994). Recognizing biocultural constants will allow resource managers and policymakers to identify commonality between Indigenous, Creole, and Western ecological systems. Biocultural constants have the potential to facilitate collaborative approaches to environmental management.

Moreover, the identification of biocultural constants challenges misconceptions that Indigenous and Creole ecological knowledge systems are static or outdated. Instead, these knowledge systems are revealed as dynamic, adaptive frameworks capable of responding to environmental changes over time. By validating and integrating biocultural constants, these naturally hybridized ecological knowledge systems can promote resilience, adaptability, and sustainability in conservation strategies.

The mangrove curriculum case study offers direct empirical support for the existence of biocultural constants. Geographically separated communities from different linguistic backgrounds consistently recognized their ecological knowledge in the materials. This cross-cultural recognition, coupled with validation by professional biologists, demonstrates that biocultural

constants are not theoretical abstractions but observable certainties that can guide conservation and education efforts.

Languages are instrumental for sharing, the preservation of and even the evolution of ecological knowledge in Indigenous communities (Maffi, 2001; Reyes-García et al., 2016). These minority languages contain intricate relationships concerning flora and fauna, and ecological reciprocity that are encoded, shared and advanced across generations (Kimmerer, 2002; Berkes, 2012, UNESCO, 2021).

Indigenous and Creole languages often contain specialized terms for flora, fauna and habitat types that may not have direct counterparts in colonial languages. These distinctions offer insights into the understandings local communities possess about their own environments. For example, many Indigenous languages distinguish between stages of plant growth or animal behaviors. These observations are critical for successful agriculture, hunting, fishing or conservation practices (Lantz & Turner, 2003; Asif et al., 2023; Ramos, 2021).

The erosion of linguistic diversity, therefore, represents not merely a cultural loss but an ecological one (Maffi, 2005; Harmon & Loh, 2010). As languages disappear, so does the ecological knowledge embedded within them, diminishing our collective capacity to manage and sustain ecosystems. Numerous studies have shown that areas of high biodiversity often correspond with regions of high linguistic diversity, suggesting that biocultural diversity is integral to ecosystem resilience (Gorenflo et al., 2012; Maffi, 2005; Harmon & Loh, 2010)

Furthermore, the use of mother-tongue ecological education promotes cultural pride and identity, countering centuries of marginalization and validating the importance of local ways of knowing (Poot Cahun, 2025; McCarty & Lee, 2014; UNESCO, 2011). It positions Indigenous and Creole ecological knowledge systems as equally legitimate sources of empirical environmental understanding, alongside Western scientific paradigms.

Incorporating local languages into ecological education is not simply an act of translation but a process of epistemological integration. It enables a dialogue between ecological knowledge

systems, preserving the richness of traditional ecological insights while fostering scientific literacy. By embedding ecological education within the linguistic and cultural contexts of communities, conservation efforts can achieve greater relevance, inclusivity, and long-term sustainability.

Thus, the role of language in ecological knowledge transmission is foundational to the success of hybridized ecological knowledge systems. Protecting and revitalizing Indigenous and Creole languages is not only a matter of cultural preservation but an essential strategy for maintaining the ecological knowledge necessary for resilient and adaptive environmental management.

The Hybridization Hypothesis of Ecological Knowledge Systems offers practical applications for environmental management, conservation education, and community resilience initiatives. By integrating Indigenous, Creole, and Western scientific perspectives, hybridized ecological knowledge systems create flexible, context-sensitive frameworks that are more likely to achieve long-term ecological sustainability.

One primary application is the development of educational materials that are both scientifically rigorous and culturally resonant. As demonstrated by the mangrove prototypes, delivering ecological content in the local language and incorporating local ecological knowledge fosters deeper engagement among students and communities. Such materials can be adapted for use in formal education systems, community workshops, and conservation training programs, ensuring that ecological literacy is rooted in cultural identity and lived experience.

In conservation practice, hybridized ecological knowledge can inform more adaptive and community-centered management strategies. Traditional ecological practices, such as rotational farming, seasonal harvesting, and sacred site protection, offer time-tested models of sustainable resource use. When combined with contemporary scientific monitoring and analysis, these

practices can enhance ecosystem management by blending empirical observation with cultural stewardship.

Furthermore, hybridized ecological knowledge systems can strengthen community resilience in the face of environmental change. Indigenous and Creole communities have long histories of adapting to ecological variability through diversified livelihood strategies, risk management practices, and social networks (Fernandez-Gimenez, 2000; Turner & Clifton, 2009; McCarty & Lee, 2014). Recognizing and incorporating these adaptive strategies into contemporary conservation and development planning can improve the robustness and sustainability of such initiatives.

The practical application of the Hybridization Hypothesis of Ecological Knowledge Systems also extends to policy development. Policymakers can draw on biocultural constants to craft regulations and programs that resonate across cultural boundaries, promoting broad-based support for conservation initiatives. Such approaches are consistent with international commitments outlined in the *Charter on Language Policy and Language Rights in the Creole-Speaking Caribbean* (ICCLR, 2011) and the *United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples* (United Nations, 2007), both of which advocate for the protection of linguistic diversity and traditional ecological knowledge in education and policy.

Ultimately, the practical application of hybridized ecological knowledge systems holds transformative potential. The Hybridization Hypothesis enables the co-creation of solutions that are scientifically informed, culturally meaningful, and ecologically sustainable, paving the way for a future in which environmental stewardship is collaborative and inclusive.

Environmental stewardship is deeply rooted in the worldviews and practices of Indigenous and Creole communities, where reciprocal relationships between people and nature are foundational to cultural identity and ecosystem management (Kimmerer, 2013; Turner & Berkes, 2006; Posey, 1999). The Hybridization Hypothesis of Ecological Knowledge Systems offers a powerful means of revitalizing and strengthening these stewardship traditions, while simultaneously integrating contemporary scientific insights.

Hybrid ecological frameworks recognize that stewardship is not solely a technical process but a cultural and ethical one. Traditional ecological knowledge systems are often embedded with

principles of reciprocity, responsibility, and respect for the natural world. For example, many Indigenous communities view humans as part of a larger ecological community rather than separate from it, emphasizing the need for sustainable interactions with natural systems (Kimmerer, 2013; Turner & Berkes, 2006; Posey, 1999).

By integrating these principles with empirical scientific knowledge, hybrid ecological systems promote stewardship practices that are both culturally resonant and ecologically effective. Such integration helps communities reclaim traditional management roles, strengthening local leadership in conservation initiatives. It also fosters a sense of ownership and pride, motivating long-term commitment to ecosystem protection and restoration efforts.

Educational initiatives based on the Hybridization Hypothesis of Ecological Knowledge Systems further reinforce stewardship values among younger generations. When students learn about local ecosystems through the lens of both their cultural traditions and scientific inquiry, they are more likely to develop a personal and collective sense of responsibility for environmental protection (Poot Cahun, 2025; Ritchie & Eames, 2010; Acharibasam & McVittie, 2023). This dual engagement can cultivate a new generation of stewards equipped with the knowledge, skills, and ethical foundations necessary to navigate complex environmental challenges.

Moreover, hybridized ecological knowledge systems encourage intergenerational dialogue and knowledge transmission. Elders, community leaders, scientists, and educators can collaborate to share and co-create knowledge, ensuring that stewardship practices evolve in response to contemporary needs while remaining grounded in cultural heritage.

Ultimately, fostering environmental stewardship through hybrid ecological knowledge systems not only enhances ecological outcomes but also strengthens cultural resilience. It creates pathways for communities to assert their ecological sovereignty, advocate for their rights to manage traditional territories, and contribute meaningfully to global conservation efforts. In doing so, hybrid ecological frameworks support a vision of environmental stewardship that is inclusive, adaptive, and deeply rooted in the interconnectedness of linguistic, cultural and biological diversity.

Table 1.

Premiere Community-Based Adaptations of the Mangrove Prototype by Language and Region.

	Language	Title	ISO 639-1	Country	Speakers
01	Bahasa	Bakau	id	Indonesia	>200,000,000
02	Burmese	ဒီစတီမော့မော့	my	Myanmar	~33,000,000
	English	The Mangroves	en		
	French	Les Mangroves			
03	Garifuna	Budunudagei	cab	Belize, Guatemala, Honduras, Nicaragua, St Vincent	~190,000
04	Kreyòl Ayisyen	Mangwòn yo	ht	Haiti	~11,000,000
05	Kriol	Di Mangro Dehn	bzj	Belize	20,000-40,000
06	Iyasa	Beilé bá kóngóko	yko	Cameroon	~3,000
07	Maya Mopán	Okok Ha'il K'ak'naab	mop	Belize, Guatemala	3,00-4,000
08	Maya Yucateco	Le Chukte'obo'	yua	Belize, México	~800,000
09	Miskito	Laulu pâwi pliska nani ba	miq	Honduras, Nicaragua	~150,000
10	Papiamentu	Palu di mangel	pap	Bonaire, Curaçao	~350,000
	Português	Os Manguezais			
11	Q'eqchi' Maya	Eb' li che Mankl	kek	Belize, Guatemala	~1,300,000
	Spanish	Los Manglares			
12	Trinidad English Creole	De Mangro Dehn	trf	Trinidad	~1,000,000
13	Ulwa	Pauluh balna	ulw	Nicaragua	<300
14	Wayuu	Tü wunu'ulia Junna münakat	guc	Colombia, Venezuela	~400,000

Note: Speaker estimates are based on the best available data, but may not reflect recent demographic changes.

Discussion

This study supports the Hybridization Hypothesis of Ecological Knowledge Systems as a viable framework for fostering sustainable and inclusive environmental resource management. The independent recognition of ecological knowledge across multiple linguistic communities, coupled with the scientific validation of the mangrove prototype, demonstrates that biocultural constants are not abstract constructs but observable realities embedded in both traditional and scientific ecological systems.

Recognizing biocultural constants allows conservationists, educators, and policymakers to identify foundational ecological principles that transcend cultural and linguistic boundaries. These constants offer a powerful entry point for building hybrid ecological knowledge systems that are both scientifically robust, linguistically sound and culturally resonant. Rather than treating

Indigenous and Creole ecological knowledge as supplemental to Western science, the Hybridization Hypothesis positions these ecological knowledge systems as empirical, adaptive, and essential for ecological resilience.

The findings also highlight the critical role of language in the preservation and transmission of ecological knowledge. Language loss poses a significant threat to biocultural diversity and ecological stewardship. Integrating mother-tongue education into conservation initiatives enhances the accessibility, relevance, and sustainability of ecological knowledge, while simultaneously revitalizing linguistic and cultural identities. These qualitative reflections suggest that mother-tongue ecological instruction significantly enhances student engagement and perceived relevance, affirming the importance of linguistic inclusion in science education. This conclusion is further supported by empirical data collected by Poot Cahun (2025) in Indigenous primary schools in La Zona Maya, Quintana Roo, México.

Hybridized ecological knowledge systems provide practical, adaptable solutions for contemporary conservation challenges. By combining traditional stewardship ethics with scientific methodologies, hybrid frameworks create strategies that are locally grounded yet globally informed. These strategies foster deeper community engagement, greater ecological literacy, and more resilient socioecological systems.

Furthermore, the hybridization process must be approached with ethical sensitivity. Knowledge integration should prioritize equitable collaboration, mutual respect, and the protection of intellectual sovereignty. Effective hybridization depends on recognizing the value of diverse epistemologies and ensuring that Indigenous and Creole communities maintain agency over how their knowledge is represented and utilized. Aikenhead (2001) similarly cautions against the assimilationist tendencies of conventional science education, advocating instead for culturally sustaining pedagogies that respect Indigenous ontologies and support epistemological pluralism. These principles align closely with Articles 31 and 32 of the United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples (United Nations, 2007), which affirm Indigenous peoples' rights to

control, protect, and develop their traditional knowledge, cultural heritage, and intellectual property.

Importantly, while hybridized ecological frameworks integrate Indigenous, Creole, and Western scientific perspectives, this process must occur without imposing Western ideological frameworks onto Indigenous knowledge systems. The goal is not assimilation but genuine epistemological integration, where local ontologies, ethics, and worldviews retain their centrality in shaping environmental stewardship. Protecting the intellectual sovereignty of Indigenous and Creole communities ensures that ecological hybridization enriches, rather than erodes, biocultural diversity.

This work directly addresses persistent assumptions that Indigenous languages lack scientific utility, offering compelling counterexamples that showcase their relevance in both theory and classroom practice. This project challenges that limitation by demonstrating that these languages can convey scientifically rigorous ecological content across all educational levels (Poot Cahun, 2025), potentially including university-level biology. This perspective was echoed by Dr. Glen Aikenhead, who characterized this work as reaching “the pinnacle of the ‘different but equal’ philosophy of cross-cultural science teaching,” further affirming that the project embodies the pedagogical ideals he pioneered (G. Aikenhead, personal communication, 05 August, 2020). By embedding ecological education within Indigenous and Creole linguistic frameworks, this work repositions these languages not as cultural artifacts, but as powerful instruments for scientific inquiry and environmental stewardship.

As Nicholas (2009) notes in her study of Hopi youth, cultural identity and ecological sensibilities may persist even in the absence of full linguistic fluency. However, this perceived disconnection can also generate feelings of loss or cultural incompleteness. Her work highlights the importance of revitalization strategies that are not limited to grammar and vocabulary but that reintegrate language, culture, and place-based knowledge. This affirms the hybrid approach proposed here: one that bridges affective enculturation with epistemological access through ecological translanguaging and transknowledging.

Beyond breaking the disciplinary boundary between cultural studies and science education, this work reaffirms that Indigenous and Creole languages are not only capable of describing the past, they are equally vital for shaping the future. By demonstrating that these languages can be used contemporaneously to teach science at all levels, this project repositions them as modern, strategic tools for navigating ecological challenges, engaging with environmental policy, and participating in global scientific discourse. In doing so, it disrupts the assumption that these languages are frozen in history and instead affirms their enduring relevance in contemporary and future knowledge systems.

A key long-term goal of this work is to foster ecological translanguaging and transknowledging as sustained pedagogical practices. By validating and integrating multiple languages in science education, ecological translanguaging equips Indigenous and Creole learners to engage ecological topics using their own linguistic and conceptual frameworks (García & Kleyn, 2016; Wei, 2018). At the same time, this multilingual flexibility improves their ability to communicate ecological insights to external actors such as resource managers, scientists, and government officials in a manner that these institutions can clearly comprehend. This communicative bridge is strengthened further through transknowledging, as defined by Nyblade et al. (2024), which allows learners to navigate and integrate multiple knowledge systems. Together, these approaches advance the broader aim of decolonizing science education while enhancing local capacity for environmental governance.

Importantly, while the primary focus of this framework is on restoring and amplifying Indigenous and Creole ecological knowledge systems, the resulting materials serve a broader public good. In multilingual and multicultural regions such as Mesoamerica, the Caribbean, or North America many dominant-language speakers also lack access to contextualized environmental education. This new class of educational materials thus support the scientific literacy of all learners who depend on and interact with the same ecosystems, regardless of cultural background.

In the end, this study affirms that hybrid ecological knowledge systems, anchored by biocultural constants and transmitted through culturally relevant languages, offer a promising pathway for

decolonizing conservation practices and fostering an inclusive environmental stewardship. Future research should continue to explore the mechanisms by which hybrid ecological knowledge systems can enhance ecological resilience, support cultural and linguistic revitalization, and inform adaptive governance models responsive to the complexities of the Anthropocene.

Conclusion

The Hybridization Hypothesis of Ecological Knowledge Systems presents a robust framework for fostering resilient, inclusive, and culturally grounded environmental stewardship. Through the identification of biocultural constants, the study demonstrates that diverse communities possess deeply rooted ecological knowledge that is not only compatible with modern scientific frameworks but essential for addressing contemporary conservation challenges.

The experiences gained from the development and application of the mangrove STEM Plus prototype illustrate that Indigenous and Creole ecological knowledge systems offer empirical, adaptive understandings of the environment. Their integration into educational materials and conservation strategies strengthens ecological literacy, revitalizes cultural identities, and enhances community engagement.

Recognizing and validating the ecological knowledge embedded within multiple languages reinforces the critical connection between linguistic diversity and biodiversity conservation. Language, as a vessel of ecological knowledge, must be preserved and promoted to sustain the depth and breadth of humanity's environmental understanding. UNESCO (2003) outlines this connection clearly, emphasizing that multilingual education supports intergenerational cultural transmission, equity, and the cognitive development necessary for ecological literacy.

The integration of Indigenous and Creole languages into science education represents a paradigm shift. These languages are often siloed within cultural studies; in this framework, they are reclaimed as tools for delivering rigorous scientific knowledge. This not only empowers local learners but also affirms the capacity of these languages to support advanced ecological literacy including instruction at the university level.

Conservation efforts are increasingly seeking inclusive, adaptive, and community-centered approaches. Educational materials developed using hybridized ecological knowledge systems grounded in biocultural constants offer a persuasive path forward. The framework responds directly to calls made by global and regional frameworks for culturally grounded, multilingual, and ecosystem-based education. It operationalizes the cultural and linguistic rights affirmed in the *United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples* (United Nations, 2007) and the *Charter on Language Policy and Language Rights in the Creole-Speaking Caribbean* (ICCLR, 2011), while also advancing the ecological goals of the *Cartagena Convention* (UNEP, 1983), which provides a legal foundation for coordinated marine protection and sustainable management throughout the greater Caribbean basin.

Future work should prioritize ethical collaboration, ensure the protection of Indigenous intellectual sovereignty, and continue to explore the role of Hybridization Hypothesis of Ecological Knowledge Systems in shaping adaptive governance models. These findings are further supported by Hilario Poot Cahun's (2025) evaluation of STEM Plus materials in Quintana Roo, where even themes developed in distant contexts, such as primate conservation materials authored by University of Panamá researchers proved effective and culturally resonant in Maya communities in México. By embracing the insights and stewardship traditions of diverse cultural communities, conservation science can move toward an inclusive and resilient future; one where ecological knowledge is celebrated in all its forms and where the interconnectedness of cultural and biological diversity is honored and protected.

This contribution has been recognized by leading scholars in the field, who note that the project “goes significantly beyond what has been done” in prior initiatives and “sets a very high bar” for culturally responsive science curricula (G. Aikenhead, personal communication, August 16, 2020).

While the early implementation of the Hybridization Hypothesis yielded promising results, it is important to acknowledge that the initial sample size was limited and the prototype materials were intentionally designed to prioritize linguistic accessibility and robust ecological content. Future research should expand the model to larger, more diverse communities and explore the

development of increasingly sophisticated scientific materials that maintain cultural and linguistic relevance. Such work would further validate the adaptability of Indigenous and Creole languages for teaching complex scientific concepts at advanced educational levels.

In sum, the Hybridization Hypothesis provides a scalable, community-driven model for transforming science education. By treating Indigenous and Creole languages not as relics, but as living tools for ecological insight and stewardship, this approach bridges traditions and modern science. It affirms these languages as powerful, enduring platforms for knowledge, vital to a sustainable future

Acknowledgments

Many people offered encouragement along the way, but I want to especially acknowledge three: Ms. Myrna Manzanares, who immediately saw the value of this work; Maria Josefa Epiayu, whose dictated words carried me through the darkest moments; and R. Leroy Creswell, who recognized the potential early on and gave unwavering support. I also need to thank my Aunt Ima Lee for helping me catch my first fish and dad, Bobby Thigpen and all the other folks who continued my local ecology education teaching me to respect these other ways of understanding the environment. I know y'all are receiving the rest of the just, but I truly wish you could see what your encouragement has accomplished. I also want to thank Francis Staine, the Northern Fisherman's Cooperative, Polo and the other Belizean fishermen who taught me what their grandfathers taught them and for the family of Mercedes Castillo who taught me how to understand the fishery by teaching me to understand Kriol the right way. We all speak many languages, but we are one family.

Bibliographic References

- Aikenhead, G. S. (1996). Science education: Border crossing into the subculture of science. *Studies in Science Education*, 27(1), 1–52. <https://doi.org/10.1080/03057269608560077>
- Aikenhead, G. S. (1997). Toward a First Nations cross-cultural science and technology curriculum. *Science Education*, 81(2), 217–238. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199704\)81:2<217::AID-SCE6>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199704)81:2<217::AID-SCE6>3.0.CO;2-I)

- Aikenhead, G. S. (2001). Integrating Western and Aboriginal sciences: Cross-cultural science teaching. *Research in Science Education*, 31(3), 337–355. <https://doi.org/10.1023/A:1013153222472>
- Alayco, M., Bergeron, M., & Michaud, A. (2007). Inuit elders and their traditional knowledge: Beluga hunting and sustainable practices. *Pêches et Océans*. Canada.
- Acharibasam, J. B., & McVittie, J. (2023). Connecting children to nature through the integration of Indigenous ecological knowledge into early childhood environmental education. *Australian Journal of Environmental Education*, 39(1), 24–37. <https://doi.org/10.1017/aee.2023.7>
- Asif, M., Kazmi, J. H., & Tariq, A. (2023). Traditional ecological knowledge-based indicators for monitoring rangeland conditions in Thal and Cholistan Desert, Pakistan. *Environmental Challenges*, 13, 100754. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100754>
- Baniwa, G., & Schwartzman, S. (2005). The Zo'é perspective on what scientists call “forest management.” *Ecology and Society*, 10(1), 18.
- Berkes, F. (2009). *Sacred ecology: Traditional ecological knowledge and resource management* (2nd ed.). Routledge.
- Berkes, F. (2012). *Sacred Ecology* (3rd ed.). Routledge. <https://www.routledge.com/Sacred-Ecology/Berkes/p/book/9780415517324>
- Berkes, F., Colding, J., & Folke, C. (2000). Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, 10(5), 1251–1262. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1251:ROTEKA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1251:ROTEKA]2.0.CO;2)
- Berkes, F., & Turner, N. J. (2006). Knowledge, learning and the evolution of conservation practice for social-ecological system resilience. *Human Ecology*, 34(4), 479–494. <https://doi.org/10.1007/s10745-006-9008-2>
- Butler, M. J. IV, Mojica, A. M., Sosa-Cordero, E., Millet, M., Sanchez-Navarro, P., Maldonado, M. A., Posada, J., Rodriguez, B., Rivas, C. M., Oviedo, A., Arrone, M., Prada, M., Bach, N., Jimenez, N., Garcia-Rivas, M. del C., Forman, K., Behringer, D. C., Matthews, T., Paris, C., & Cowen, R. (2010). Patterns of spiny lobster (*Panulirus argus*) postlarval recruitment in the Caribbean: A CRTR project. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 62, 360–369. https://digitalcommons.odu.edu/biology_fac_pubs/79
- Butler, M. J., Mojica, A. M., Sosa-Cordero, E., Millet, M., Sanchez-Navarro, P., Maldonado, M. A., Posada, J., Rodriguez, B., Rivas, C. M., Oviedo, A., Arrone, M., Prada, M., Bach, N., Jimenez, N., Garcia-Rivas, M. del C., Forman, K., Behringer, D. C., Matthews, T., Paris, C., & Cowen, R. (2018). Patterns of spiny lobster (*Panulirus argus*) postlarval recruitment in the Caribbean: A CRTR Project (SEDAR57-RD-12). *Southeast Data, Assessment, and Review (SEDAR)*. https://sedarweb.org/docs/wsupp/S57_RD_12.pdf

- Ceballos, G., Chávez, C., Rivera, A., & Manterola, C. (2007). Conserving jaguars in the Sierra Madre Occidental. In R. Woodroffe, S. Thirgood, & A. Rabinowitz (Eds.), *People and Wildlife: Conflict or Coexistence?* (pp. 283–299). Cambridge University Press.
- Cajete, G. (2000). *Native science: Natural laws of interdependence*. Clear Light Publishers.
- Colchero, F., Conde, D. A., Manterola, C., Chávez, C., Rivera, A., & Ceballos, G. (2011). Jaguars on the move: Modeling movement to mitigate fragmentation from road expansion in the Mayan Forest. *Animal Conservation*, 14(2), 158–166. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2010.00406.x>
- Cortés-Ortiz, L., Bermingham, E., Porter, C. A., Gutiérrez-Espeleta, G. A., Veà, J. M., & Quinn, J. S. (2015). Genetic differentiation and phylogeography of Central American howler monkeys (*Alouatta palliata*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 82, 53–63. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.08.016>
- Estrada, A., Garber, P. A., Chaudhary, A., & Stoner, K. E. (2022). Global importance of Indigenous Peoples, their lands, and knowledge systems for saving the world's primates from extinction. *Science Advances*, 8(33), eabn2927. <https://resourceafrica.net/wp-content/uploads/2022/08/sciadv.abn2927.pdf>
- Fernandez-Gimenez, M. E. (2000). *The Role of Mongolian Nomadic Pastoralists' Ecological Knowledge in Rangeland Management. Ecological Applications*, 10(5), 1318–1326.
- Fine, Caitlin G. (2016): Translanguaging with multilingual students: Learning from classroom moments, García, O., & Kleyn, T. (Eds.), *Bilingual Research Journal*. <https://doi.org/10.1080/15235882.2018.1468365>
- Garnatje, T., Vallès, J., & Parada, M. (2014). Resilience of traditional knowledge systems: The case of agricultural knowledge in home gardens of the Iberian Peninsula. *Digital CSIC*
- González, J. A., & Gómez-Baggethun, E. (2011). Ecología y saberes indígenas: ¿Un modelo para la gestión ambiental? *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales*, 9(1), 103–119.
- Gómez-Baggethun, E., E. Corbera, and V. Reyes-García. 2013. Traditional ecological knowledge and global environmental change: research findings and policy implications. *Ecology and Society* 18(4): 72. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06288-180472>
- Gómez-Baggethun, E., Reyes-García, V. Reinterpreting Change in Traditional Ecological Knowledge. *Hum Ecol* 41, 643–647 (2013). <https://doi.org/10.1007/s10745-013-9577-9>
- Gorenflo, L. J., Romaine, S., Mittermeier, R. A., & Walker-Painemilla, K. (2012). Co-occurrence of linguistic and biological diversity in biodiversity hotspots and high biodiversity wilderness areas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(21), 8032–8037. <https://doi.org/10.1073/pnas.1117511109>
- Harmon, D., & Loh, J. (2010). *The Index of Linguistic Diversity: A new quantitative measure of trends in the status of the world's languages. Language Documentation & Conservation*, 4, 97–151.

- Haugen, E. (1972). *The ecology of language*. Stanford University Press.
- Hornberger, N. H. (2008). *Can schools save Indigenous languages? Policy and practice on four continents*. Palgrave Macmillan.
- International Centre for Caribbean Language Research (ICCLR). (2011). *Charter on language policy and language rights in the Creole-speaking Caribbean*.
https://caribbeanlanguagepolicy.weebly.com/uploads/5/3/9/0/5390818/charter_on_language_policy_and_language_rights_in.docx2.pdf
- Kimmerer, R. W. (2002). Weaving traditional ecological knowledge into biological education: A call to action. *BioScience*, 52(5), 432–438.
[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0432:WTEKIB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0432:WTEKIB]2.0.CO;2)
- Kimmerer, R. W. (2013). *Braiding Sweetgrass: Indigenous Wisdom, Scientific Knowledge, and the Teachings of Plants*. Milkweed Editions.
- Lantz, T. C., & Turner, N. J. (2003). Traditional phenological knowledge of Aboriginal peoples in British Columbia. *Journal of Ethnobiology*, 23(2), 263–286.
- Lewis, G., Jones, B., & Baker, C. (2012). Translanguaging: Developing its conceptualization and contextualization. *Educational Research and Evaluation*, 18(7), 655–670.
<https://doi.org/10.1080/13803611.2012.718490>
- Wei, L. (2018). Translanguaging as a practical theory of language. *Applied Linguistics*, 39(1), 9–30.
<https://doi.org/10.1093/applin/amx039>
- Longepée, L., Le Corre, M., & Cuq, F. (2021). Local ecological knowledge on mangroves in Mayotte Island (Indian Ocean) and influencing factors. *Forests*, 12(1), 53. <https://doi.org/10.3390/f12010053>
- Maffi, L. (1998). Language: A resource for nature. *Nature and Resources*, 34(4), 12–21.
- Maffi, L. (2001). *On biocultural diversity: Linking language, knowledge, and the environment*. Smithsonian Institution Press.
- Maffi, L. (2005). Linguistic, cultural, and biological diversity. *Annual Review of Anthropology*, 34, 599–617. <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.34.081804.120437>
- McCarty, T. L. (2003). Revitalizing Indigenous languages in homogenizing times. *Comparative Education*, 39(2), 147–163.
- McCarty, T. L., & Lee, T. S. (2014). *Critical culturally sustaining/revitalizing pedagogy and Indigenous education sovereignty*. *Harvard Educational Review*, 84(1), 101–124.
- McKee, S. L., Thorne, T., Koslouski, J. B., Chafouleas, S. M., & Schwartz, M. B. (2021). Assessing district policy alignment with the Whole School, Whole Community, Whole Child model in Connecticut, 2019 to 2020. *Journal of School Health*, 92(6), 594–604. <https://doi.org/10.1111/josh.13183>

- Nabhan, G. P. (1997). *Cultures of habitat: On nature, culture, and story*. Counterpoint.
- Nicholas, S. E. (2009). “I live Hopi, I just don’t speak it”: The critical intersection of language, culture, and identity in the lives of contemporary Hopi youth. *Journal of Language, Identity, and Education*, 8(5), 321–334. <https://doi.org/10.1080/15348450903305114>
- Nyblade, M. L., Smith, S. J., & Sumida Huaman, E. (2024). “The heavy burden”: Indigenous knowledge systems, biocultural diversity, and transknowledging in sciences education. *Cultural Studies of Science Education*, 19(4), 779–792. <https://doi.org/10.1007/s11422-024-10236-0>
- Poot Cahun, H. (2025). *Educación ambiental intercultural: Desarrollo y pilotaje de libros en lengua maya para niños de primaria indígena en Quintana Roo* [Master’s thesis, Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo]. https://marinefrontiers.org/wp-content/uploads/2025/07/Tesis-MEI_Hilario-Poot-Cahun-15-07-2025.pdf
- Posey, D. A. (Ed.). (1999). *Cultural and Spiritual Values of Biodiversity*. United Nations Environment Programme.
- Rajashekarappa, M. (2023). *The monkey hunters of Vanarmare tribe: Guardians of the forest*. *International Journal for Multidisciplinary Research*, 5(5), 1–4. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2023.v05i05.6237>
- Ramos, S. C. (2021). *Understanding Yurok traditional ecological knowledge and wildlife management*. *The Journal of Wildlife Management*, 86(1), e22140. <https://doi.org/10.1002/jwmg.22140>
- Ravaoarinarotsihoarana, L. A., Maltby, J., Glass, L., Oates, J., Rakotomahazo, C., Randrianandrasaziky, D. A., Ranivoarivelo, L. N., & Lavitra, T. (2023). *Lessons for ensuring continued community participation in a mangrove blue carbon conservation and restoration project in Madagascar*. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, 22(2), 43–60. <https://doi.org/10.4314/wiojms.v22i2.4>
- Reyes-García, V., Broesch, J., Calvet-Mir, L., McDade, T., Tanner, S., Huanca, T., Leonard, W. R., Vadez, V., Pérez-Llorente, M., Paneque-Gálvez, J., Luz, A. C., Gueze, M., & Pino, J. (2016). Cultural transmission of traditional ecological knowledge and methods for measuring it. *Ecology and Society*, 21(2), Article 25. <https://doi.org/10.5751/ES-08413-210225>
- Ripple, W. J., Estes, J. A., Beschta, R. L., Wilmers, C. C., Ritchie, E. G., Hebblewhite, M., Berger, J., Elmhagen, B., Letnic, M., Nelson, M. P., Schmitz, O. J., Smith, D. W., Wallach, A. D., & Wirsing, A. J. (2014). *Status and ecological effects of the world’s largest carnivores*. *Science*, 343(6167), 1241484. <https://doi.org/10.1126/science.1241484>
- Ritchie, J., & Eames, C. (2010). *Connecting children to nature through the integration of Indigenous ecological knowledge into early childhood environmental education*. *Australian Journal of Environmental Education*, 26, 30–39.
- Soto, S., Rangel-Landa, S., Saucedo-Gudiño, María; Guzmán-Gómez, Erandi; Salazar-Ramirez, Maria, Blanco, Arnulfo; Caldera-Cano, Delia, Carbajal-Navarro, Aglaen; Caro-Gómez, Rosendo; Ponce-

- Rangel, Andrea; Texta-Hernández, José; Madrigal-Sánchez, Xavier. (2017). Traditional ecological knowledge and biodiversity conservation: Lessons from Mexico. *Ecology and Society*, 22(2), Article 23. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-99357-3_11
- Schulz, J., Becker, M., & Goetsch, E. (1994). *Indigenous knowledge in a 'modern' sustainable agroforestry system*. Naturefund.
- Spalding, M., Kainuma, M., & Collins, L. (2010). *World atlas of mangroves*. Earthscan. <https://doi.org/10.4324/9781849776608>
- Thigpen, R., Romero Durón, J. A., & Matamoros Erazo, G. M. (2016). *Los manglares / The Mangroves: A bilingual STEM Plus curriculum prototype*. Sáasil Uj Publishing LLC. <https://marinefrontiers.org/digital-library/>
- Thigpen, R., Castillo, C., Castillo, Y., & Majil, Z. (2018). *Di Mangro Dehn: Bilingual Kriol-English Edition for (S. Udz & M. Manzanares, Eds.)*. Sáasil Uj Publishing LLC. <https://marinefrontiers.org/wp-content/uploads/2019/10/Mangro-Kriol-NORFICOOP-Robby-Thigpen-Celeste-Castillo-Yarisel-Castillo-Zaida-Majil-Myrna-Manzanares-Belize-National-Kriol-Council.pdf>
- Thigpen, R. C., & Poot Cahun, H. (2018). *Chukte'ob: The Mangroves, Treasures of the Caribbean (Maya Edition)*. Sáasil Uj Publishing LLC. <https://marinefrontiers.org/wp-content/uploads/2018/06/Yucatec-Mangrove-Chukte%E2%80%99ob-Robby-Thigpen-Hillario-Poot-Cahun-Felicita-Cantun-Madison-Heltzel.pdf>
- Thigpen, R., Ico, J., & Peck, R. (2021). *Okok Ha'il K'ak'naab': The Mangroves (Maya Mopán Edition)*. Sáasil Uj Publishing LLC. https://marinefrontiers.org/wp-content/uploads/2021/03/Mangrove_Master_Mopan.pdf
- Turner, N. J., & Clifton, H. (2009). "It's so different today": *Climate Change and Indigenous Lifeways in British Columbia, Canada*. *Global Environmental Change*, 19(2), 180–190.
- UNESCO. (2003). *Education in a multilingual world* (Education Position Paper). Paris: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000129728>
- UNESCO. (2016). *If you don't understand, how can you learn?* (Policy Paper 24). Global Education Monitoring Report. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000243713>
- UNESCO. (2021). *Indigenous Peoples and UNESCO*. United Nations.
- UNESCO. (2011). *Enhancing learning of children from diverse language backgrounds: Mother tongue-based bilingual or multilingual education in the early years*.
- United Nations. (2007). *United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples*. United Nations. <https://www.un.org/development/desa/indigenouspeoples/declaration-on-the-rights-of-indigenous-peoples.html>

United Nations Environment Programme (UNEP). (1983). Cartagena Convention: Convention for the protection and development of the marine environment of the wider Caribbean region. Retrieved from <https://www.unep.org/cep/cartagena-convention>