



CIENCIA CIUDADANA, BIODIVERSIDAD Y ONE HEALTH EN EL COLEGIO JUAN PABLO II, VILLAVICENCIO

Eva Liliana Ardila Cortes¹,
Cármén Victoria Velásquez Marea²

¹ Doctoranda en Educación, Universidad Americana de Europa (UNADE). Correo: evalilianaardila@gmail.com

² Profesora-Investigadora, Universidad Americana de Europa (UNADE). Correo: carmen.velasquez@unade.edu.mx

Revista de Investigación Multidisciplinaria Iberoamericana, RIMI © 2023 by Elizabeth Sánchez Vázquez is licensed under

RESUMEN

Este estudio analiza cómo la ciencia ciudadana puede fortalecer el conocimiento sobre la biodiversidad local y el enfoque One Health en estudiantes del Colegio Juan Pablo II de Villavicencio, ubicado en una zona de alta riqueza ecológica. A través de una investigación-acción educativa desarrollada en cuatro ciclos, se combinaron encuestas, observaciones de campo, uso de iNaturalist, diarios de campo y análisis cualitativo. En solo 60 días, la comunidad escolar registró 479 observaciones correspondientes a 337 taxones, lo que evidenció una biodiversidad mucho mayor de la que estudiantes y adultos reconocían al inicio. Los resultados muestran que, aunque la conservación era valorada positivamente, existía poco conocimiento sobre especies locales, bioindicadores y el enfoque One Health. Tras la intervención, los estudiantes mejoraron de manera importante su comprensión de estos temas y mostraron mayor capacidad para relacionar la salud humana, animal y ambiental. También se identificó una tensión entre el afecto hacia las mascotas y la comprensión de su impacto sobre la fauna silvestre. En conclusión, la ciencia ciudadana escolar, apoyada en herramientas digitales e inteligencia artificial, no solo mejora el aprendizaje científico, sino que también promueve una relación más crítica, cercana y responsable con el territorio.

Palabras clave: Biodiversidad; Ciencia Ciudadana; Educación Ambiental.

ABSTRACT

This study examines how citizen science can strengthen students' understanding of local biodiversity and the One Health approach at Juan Pablo II School in Villavicencio, a place located in an area of high ecological richness. Using an educational action-research design developed in four cycles, the study combined surveys, field observations, iNaturalist records, field journals, and qualitative analysis. In just 60 days, the school community recorded 479 observations representing 337 taxa, revealing a much greater biodiversity than students and adults had initially recognized. The findings show that although conservation was viewed positively, there was limited knowledge of local species, bioindicators, and the One Health approach. After the intervention, students showed a clear improvement in their understanding of these topics and a stronger ability to connect human, animal, and environmental health. The study also identified a tension between affection for pets and awareness of their impact on wildlife. In conclusion, school-based citizen science, supported by digital tools and artificial intelligence, not only improves scientific learning but also encourages a more critical, closer, and more responsible relationship with the local territory.

Keywords: Biodiversity; Citizen Science; Environmental Education.



INTRODUCCIÓN

El Colegio Juan Pablo II, ubicado en la Reserva Ambiental Forestal Protectora del Piedemonte Llanero, ocupa una posición estratégica dentro de un corredor biológico clave para aves migratorias, primates, reptiles y especies endémicas. Sin embargo, este entorno enfrenta presiones crecientes derivadas de la urbanización, la fragmentación del bosque y el cambio climático. Esta situación pone en evidencia una brecha persistente entre la riqueza biológica del territorio y la todavía limitada alfabetización científica de los estudiantes, insuficiente para comprender plenamente los ecosistemas que habitan.

A partir de este contexto, la investigación examina los efectos de una intervención de investigación-acción educativa, desarrollada en cuatro ciclos, sobre los conocimientos, las percepciones, las actitudes y la argumentación de estudiantes y adultos de la comunidad educativa en torno a la biodiversidad local, el enfoque One Health y la relación entre tenencia de mascotas y conservación de la fauna silvestre. Para ello, se evaluó el proceso en dos momentos y se triangularon datos cuantitativos, observacionales y discursivos.

En particular, se buscó caracterizar la biodiversidad del predio escolar mediante bioblitz con apoyo de inteligencia artificial, analizar percepciones y narrativas sobre conservación, salud ecosistémica y especies invasoras, medir cambios en conocimientos y actitudes, y consolidar un álbum digital georreferenciado de especies locales como recurso educativo abierto. La pregunta que orientó el proceso fue: ¿qué biodiversidad habita realmente alrededor del colegio y qué consecuencias tiene ignorarla?

ESTADO DEL ARTE

La ciencia ciudadana en la educación ha crecido gracias a plataformas que aportan datos verificables a inventarios globales. Torkar y Rode (2023) señalan que iNaturalist se usa cada vez más en bioblitz escolares porque fortalece el conocimiento de la biodiversidad local, y Mason et al. (2025) confirman su consolidación como plataforma de referencia, con más de 200 millones de observaciones. Sin embargo, Bonney et al. (2016) advierten que la mayoría de estos programas sigue operando bajo un modelo contributivo —en el que los estudiantes solo recolectan datos para investigadores externos— y rara vez avanza hacia enfoques colaborativos o co-creativos, lo que limita su potencial transformador y la agencia estudiantil.

Pérez-Martín y Esquivel-Martín (2024) sostienen que la enseñanza de One Health sigue fragmentada y proponen un enfoque transformador que articule pensamiento sistémico y participación comunitaria. En esa línea, Pearce et al. (2024) respaldan el uso de metodologías cualitativas para comprender procesos educativos vinculados con la salud ecosistémica. Hobusch et al. (2024) documentan que las intervenciones escolares en One Health logran apropiación conceptual cuando se anclan en casos reales y accesibles para los estudiantes —pandemias modeladas, juegos pedagógicos, situaciones cotidianas—, mientras que su presentación abstracta produce sensación de complejidad inabarcable y desconexión entre conocimiento y acción. Zhang et al. (2025) y Himmetoğlu et al. (2023) muestran que el contacto directo con la naturaleza requiere herramientas reflexivas —diarios de campo, análisis temático— para conectar saberes previos con nuevas observaciones; la Recomendación de UNESCO (2023) suma la articulación entre educación para la paz y sostenibilidad ecológica.

La tensión entre bienestar animal y conservación también afecta de forma directa a la biodiversidad nativa. Lepczyk et al. (2023) reportan que los felinos domésticos que deambulan sin cuidador causan cada año la muerte de miles de millones de aves y otros vertebrados, mientras que Mohammadi y Alambeigi (2025) y Yosef (2025) documentan que los perros ferales favorecen la transmisión de patógenos y la fragmentación de poblaciones silvestres. En el contexto regional, Sánchez y Ríos (2025) registraron once especies de mamíferos nativos en un remanente de bosque de tres hectáreas dentro de un campus universitario del piedemonte llanero del Meta, lo que muestra que predios, ubicados en el ecotono urbano-forestal, pueden

funcionar como refugios para la biodiversidad local. A ello se suma que Vásquez-Ramos et al. (2025) evidencian que las presiones antrópicas en los ríos del piedemonte de la Orinoquia colombiana generan gradientes de calidad ecológica detectables mediante bioindicadores accesibles a la investigación escolar.

MARCO TEÓRICO

La investigación se sustenta en la articulación de cuatro campos teóricos complementarios. La alfabetización científica, entendida como la capacidad de comprender procesos científicos para tomar decisiones informadas (Bybee, 1997; Hurd, 1958), adquiere una dimensión territorial cuando Hungerford y Volk (1990), Stevenson et al. (2013) y Orr (1992) plantean que el conocimiento ecológico debe traducirse en actitudes orientadas al cuidado del entorno inmediato. La ciencia ciudadana ofrece un marco pertinente para cerrar esa brecha, pues Irwin (1995) la concibe como una forma de ciencia que integra el conocimiento vernáculo con la investigación formal, mientras que Bonney (1996) la define como un modelo contributivo en el que personas no expertas participan en la recolección de datos a gran escala (Bonney et al., 2009; Dickinson et al., 2010). En este sentido, plataformas como iNaturalist concretan esa posibilidad mediante la identificación asistida por inteligencia artificial y la validación comunitaria (Torkar y Rode, 2023). La educación ambiental transformadora (Sterling, 2001; Sauvé, 2005; Freire, 1970) sostiene que el aprendizaje debe propiciar cambios en la manera en que las personas se relacionan con los sistemas socioecológicos. No obstante, este ideal se enfrenta a las inequidades del Sur Global, donde las comunidades asentadas en territorios de alto conflicto ambiental suelen carecer de herramientas institucionales para su defensa (Martínez Alier, 2002; De Sousa Santos, 2009). La pérdida de biodiversidad (IPBES, 2019) se agrava por la confusión entre bienestar animal y conservación (Trouwborst et al., 2020). En esta línea, Pyle (1993) denomina extinción de la experiencia al proceso por el cual la pérdida de contacto con la naturaleza reduce la sensibilidad ecológica y la disposición a proteger aquello que ya no se reconoce, mientras que Novacek (2008) advierte que la asimetría informativa favorece que estos desequilibrios pasen inadvertidos.

Tres conceptos operacionalizan el análisis empírico. La disonancia cognitiva (Festinger, 1957) es la tensión psicológica que emerge cuando una persona sostiene simultáneamente cogniciones contradictorias; se observa cuando un mismo respondiente reporta haber presenciado la depredación de fauna silvestre por mascotas y, a la vez, califica como neutro o bajo el impacto sistémico de esa depredación. La heurística del afecto (Slovic et al., 2007) es el atajo cognitivo por el cual las personas evalúan la veracidad o el riesgo de una información a partir de la respuesta emocional inmediata; se observa cuando una persona se inclina a creer que una publicación cuyo contenido le genera tristeza o indignación probablemente dice la verdad. El enfoque One Health (Zinsstag et al., 2011; FAO et al., 2010, 2022; Pérez-Martín y Esquivel-Martín, 2024) reconoce la interdependencia entre salud humana, animal y ecosistémica; se observa cuando una persona explica de manera articulada el significado del término y sus implicaciones para la conservación.

METODOLOGÍA

Diseño

El estudio adoptó un diseño mixto secuencial explicativo (Creswell y Plano Clark, 2018), en el cual los datos cuantitativos —encuesta de percepciones y registros en iNaturalist— se complementaron con datos cualitativos —respuestas abiertas, diarios de campo y observaciones in situ—. El componente longitudinal siguió un diseño de muestras independientes sucesivas (Babbie, 2021), articulado a la espiral de investigación-acción educativa de Kemmis y McTaggart (1988) en cuatro ciclos consecutivos. La medición

se replicó en dos momentos diferenciados (T1 y T2) sobre la misma población escolar, sin pareamiento individual, dado que la anonimización plena de T1 protegió la honestidad de respuesta en ítems sensibles.

Área de estudio y participantes

La investigación se llevó a cabo en la Institución Educativa Juan Pablo II (Villavicencio, Meta, Colombia), ubicada dentro de la Reserva Ambiental Forestal Protectora del Piedemonte Llanero ($4^{\circ}9'31.9''N$, $73^{\circ}39'39.8''W$, 467 m s.n.m.), en el barrio Galán de la comuna 1, donde la trama urbana colinda directamente con la cobertura boscosa de la reserva (Figura 1). El muestreo fue intencional no probabilístico por accesibilidad, justificado por la naturaleza de investigación-acción educativa. Los criterios de inclusión fueron matrícula vigente o vínculo permanente con la comunidad educativa, asentimiento informado en menores y consentimiento informado de acudientes y adultos respondientes; los de exclusión, cuestionarios con más del 20% de ítems sin responder y patrones de respuesta inconsistentes. La muestra de T1 (N = 179) incluyó 62 estudiantes y 117 adultos: los estudiantes fueron 56 jóvenes de grado undécimo más 6 compañeros no vinculados al proyecto, y los adultos fueron figuras parentales y otros miembros de la comunidad inmediata encuestados por los propios estudiantes. La muestra de T2 (n = 30 estudiantes) respondió tras el Ciclo 4 de formación específica. El estudio contó con aval institucional del Colegio Juan Pablo II.

Figura 1

Localización multiescalar del Colegio Juan Pablo II en el ecotono del piedemonte llanero



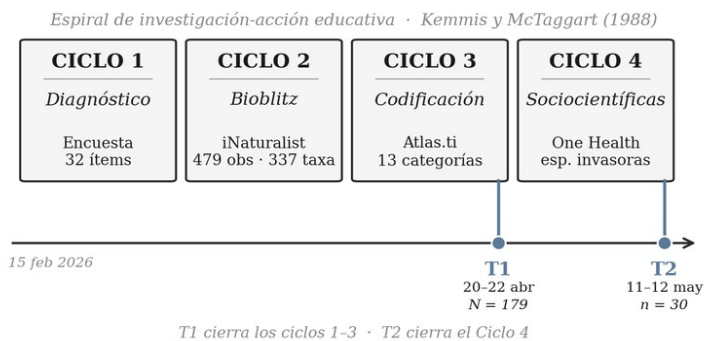
Nota. Panel (a): posición del departamento del Meta en el norte de Sudamérica. Panel (b): transición ecotonal entre la cordillera Oriental, el piedemonte y los Llanos Orientales, con la ubicación del Colegio Juan Pablo II señalada. Panel (c): inserción del predio escolar ($4^{\circ}9'31.9''N$, $73^{\circ}39'39.8''O$; 467 m s.n.m.; Cra. 52 #48A-6, barrio Galán) en el borde urbano-forestal contiguo a la Reserva Forestal Protectora del Piedemonte Llanero. Elaboración propia a partir de Google Earth Pro (2026).

Componente longitudinal: cuatro ciclos y dos momentos

La intervención se estructuró en cuatro ciclos consecutivos articulados a la espiral de investigación-acción. El Ciclo 1 (Diagnóstico inicial) comprendió el diseño y la aplicación de una encuesta de percepciones de 32 ítems. El Ciclo 2 (Bioblitz escolar) integró a los estudiantes fotógrafos al proyecto BIODIVERCIUDAD Villavicencio, activo en iNaturalist desde 2018; se analizaron exclusivamente las observaciones del 15 de febrero al 20 de abril de 2026. El Ciclo 3 (Análisis cualitativo) consistió en la codificación en Atlas.ti con redes semánticas naturales modificadas (Figueroa et al., 1981; Reyes-Lagunes, 1993) y consolidó 13 categorías analíticas finales. El Ciclo 4 (Cuestiones sociocientíficas), desarrollado entre el 21 de abril y el 11 de mayo de 2026, consistió en sesiones de formación específica sobre el enfoque One Health y conflictos interespecíficos—, interpretación de gráficas estadísticas tomadas de artículos publicados en revistas indexadas en categoría Q1 y discusión sociocientífica en aula. La encuesta T1 se aplicó entre el 20 y el 22 de abril de 2026; la encuesta T2 los días 11 y 12 de mayo de 2026. La Figura 2 sintetiza el diseño metodológico.

Figura 2

Diseño metodológico: cuatro ciclos y dos momentos de medición



Nota. Elaboración propia. La medición T1 cerró los ciclos 1-3 y la medición T2 cerró el Ciclo 4 de formación específica.

Instrumentos y análisis

Se emplearon cuatro fuentes de datos: una encuesta de 32 ítems en Google Forms organizada en cinco secciones (datos demográficos, percepción de biodiversidad, conocimiento de One Health, relación entre especies domésticas y conservación, argumentación), cuya secuencia P21-P22 se diseñó para detectar disonancia cognitiva; observaciones biológicas en iNaturalist con identificación asistida por inteligencia artificial y validación comunitaria; diarios de campo y trabajo con bioindicadores (líquenes y macroinvertebrados) usando microscopía y estereoscopia; y respuestas abiertas. El instrumento se pilotó con 12 participantes y se validó por juicio de pares.

El análisis cuantitativo se procesó en R (versión 4.3) y se verificó en Excel; se obtuvieron estadísticos descriptivos y, para comparación entre grupos y momentos, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney (Mann y Whitney, 1947) con coeficiente r de Rosenthal (1991) y la prueba exacta de Fisher (1922) con coeficiente ϕ y razón de momios (OR), intervalos de confianza al 95% por método de Wilson y $\alpha = 0,05$ sin corrección por comparaciones múltiples. Los registros de iNaturalist se procesaron con curvas de acumulación de especies (Chao 1).

El corpus cualitativo se procesó en Atlas.ti (versión 23) bajo una estrategia híbrida deductivo-inductiva (Fereday y Muir-Cochrane, 2006). Los criterios partieron de nueve categorías deductivas derivadas del marco teórico y cuatro categorías inductivas emergidas del corpus, consolidando trece categorías analíticas finales organizadas en las tres redes semánticas reportadas (Figuras 3 a 5). La saturación de significado (Saunders et al., 2018) se alcanzó cuando tres rondas sucesivas de revisión no aportaron

categorías ni propiedades nuevas. El control de sesgos combinó triangulación entre fuentes (encuesta × iNaturalist × diarios de campo), revisión externa de un subconjunto de codificaciones por la dirección académica del proyecto y memorandos analíticos.

RESULTADOS

Resultados del Momento 1

El 78,8% de los encuestados valora la conservación como muy importante (5/5), sin diferencias sustanciales entre estudiantes (72,6%) y adultos (82,1%). Al nombrar tres especies silvestres del entorno, las menciones incluyen mariposas, monos e iguanas, pero también mascotas domésticas (16 menciones combinadas); solo tres encuestados mencionan líquenes y tres, hongos. El 56,5% de estudiantes y el 65,0% de adultos califican la conexión salud-ambiente como 5/5; sin embargo, el 61,3% y 67,5% respectivamente no han escuchado el término One Health. El 90,3% de estudiantes y el 83,8% de adultos han visto a sus mascotas cazar fauna silvestre (P21); sin embargo, al estimar el impacto real de las mascotas sobre esa fauna (P22), el valor modal en ambos grupos es 3/5, configurando la disonancia cognitiva prevista por el diseño. La esterilización es preferida como medida protectora (79,0% estudiantes, 75,2% adultos) sobre el confinamiento (12,9% y 6,8%). El 35,9% de adultos puntúa alto en aceptar información ambiental por su carga emocional sin verificar (P27), frente al 11,3% de estudiantes ($U = 2553,5$; $Z = -3,25$; $p < 0,001$; $r = 0,243$); el 41,9% de adultos comparte información ambiental sin verificar (P26), frente al 12,9% de estudiantes. La Tabla 1 sintetiza las medias Likert por momento y perfil.

Tabla 1

Medias Likert por momento y perfil del encuestado

Variable	T1 estud. (n = 62)	T2 estud. (n = 30)	Adultos (n = 117)	Comparación T1-T2 estud.
<i>P5. Importancia conservación</i>	4,63 (0,73)	4,70 (0,60)	4,71 (0,70)	$U = 894$; $Z = -0,30$; $p = 0,700$; $r = 0,031$
<i>P10. Salud conectada</i>	4,45 (0,72)	4,43 (0,90)	4,46 (0,91)	$U = 904$; $Z = -0,22$; $p = 0,806$; $r = 0,023$
<i>P22. Mascotas afectan fauna</i>	3,29 (1,06)	3,73 (1,08)	3,38 (1,29)	$U = 723$; $Z = -1,72$; $p = 0,072$; $r = 0,180$
<i>P27. Aceptar info por emoción</i>	2,37 (1,10)	2,27 (1,08)	3,05 (1,31)	$U = 980$; $Z = 0,42$; $p = 0,659$; $r = 0,044$
<i>P30. Distinguir desinformación</i>	3,26 (1,02)	3,23 (0,94)	3,37 (1,06)	$U = 926$; $Z = -0,03$; $p = 0,975$; $r = 0,003$

Nota. Escala Likert de 1 a 5 (1 = mínimo, 5 = máximo). Cada celda reporta M (DE). La comparación T1-T2 corresponde a la prueba U de Mann-Whitney de dos colas entre estudiantes en ambos momentos; r = coeficiente de Rosenthal como tamaño de efecto. Los adultos se midieron únicamente en el Momento 1 y se incluyen como referencia poblacional.

Entre el 15 de febrero y el 20 de abril de 2026, 26 observadores registran 479 observaciones correspondientes a 337 taxones únicos. De estos observadores, 20 son estudiantes de undécimo (213 obs., 44,5%), 5 son estudiantes de octavo que se vinculan espontáneamente (211 obs., 44,1%) y 55 observaciones (11,5%) son registradas por la docente líder con su dispositivo personal. El promedio individual de los estudiantes de octavo (42,2 obs./estudiante) cuadruplica el de los de undécimo (10,7 obs./estudiante). Del total, 87 observaciones (18,2%) alcanzan grado de investigación. La Tabla 2 detalla la distribución por grupo taxonómico.

Tabla 2

Distribución de observaciones y taxones por grupo taxonómico (Ciclo 2)

Grupo taxonómico	Observaciones (n)	% total	Taxones únicos	Grado Inv. (%)
<i>Plantas (Plantae)</i>	186	38,8	127	22,0
<i>Insectos (Insecta)</i>	166	34,7	122	13,9
<i>Arácnidos (Arachnida)</i>	37	7,7	29	10,8
<i>Hongos y líquenes (Fungi)</i>	33	6,9	25	6,1
<i>Aves (Aves)</i>	30	6,3	21	50,0
<i>Otros invertebrados</i>	6	1,3	6	16,7
<i>Mamíferos (Mammalia)</i>	4	0,8	3	0,0
<i>Anfibios (Amphibia)</i>	3	0,6	2	0,0
<i>Reptiles (Reptilia)</i>	1	0,2	1	100,0
<i>Moluscos (Mollusca)</i>	1	0,2	1	0,0
<i>Sin clasificar</i>	12	2,5	—	0,0
Total	479	100	337	18,2

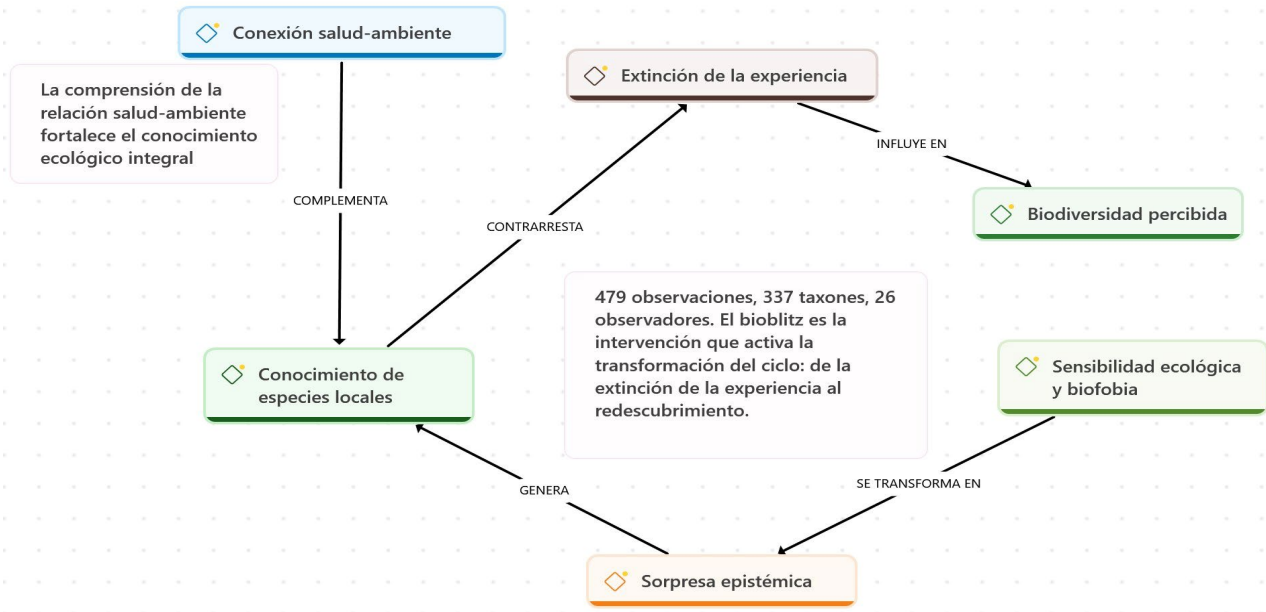
Nota. Datos del proyecto BIODIVERCIUDAD Villavicencio (iNaturalist), 15 de febrero al 20 de abril de 2026.

Entre las especies destacadas se registran tucán de pecho blanco (*Ramphastos tucanus*), barranquero (*Momotus momota*), ardilla cola roja (*Sciurus granatensis*), mariposa malaquita (*Siproeta stelenes*), tarántulas (*Diplura sanguinea*), arañas de seda dorada (*Trichonephila clavipes*) y vinagrillos (*Mastigoproctus colombianus*). Los 56 estudiantes incorporan el concepto de especie bioindicadora utilizando microscopios y estereoscopios para identificar líquenes y macroinvertebrados, y formulan propuestas de continuidad —cámaras trampa para fauna nocturna y drones para aves de dosel— a partir de los vacíos detectados en campo.

Las redes semánticas construidas en Atlas.ti se organizan en tres figuras con 13 categorías analíticas. La Red 1 articula seis categorías en un ciclo donde la extinción de la experiencia influye en la biodiversidad percibida y la sensibilidad ecológica y biofobia se transforma en sorpresa epistémica tras el bioblitz, generando conocimiento de especies locales que contrarresta la extinción de la experiencia. La Red 2 organiza siete categorías mostrando que la confusión conceptual alimenta una tensión interna y facilita la vulnerabilidad a desinformación; esa tensión se manifiesta como coexistencia entre la experiencia directa de depredación y la resistencia a reconocer su impacto, evidenciando cómo el afecto genuino hacia las mascotas puede producir consecuencias no intencionadas sobre la fauna silvestre cuando no se articula con criterios de bienestar animal informados. La Red 3 documenta un flujo temporal donde el estado inicial es intervenido por el bioblitz, que produce sorpresa epistémica, desencadena agencia estudiantil y fortalece el conocimiento de especies locales.

Figura 3

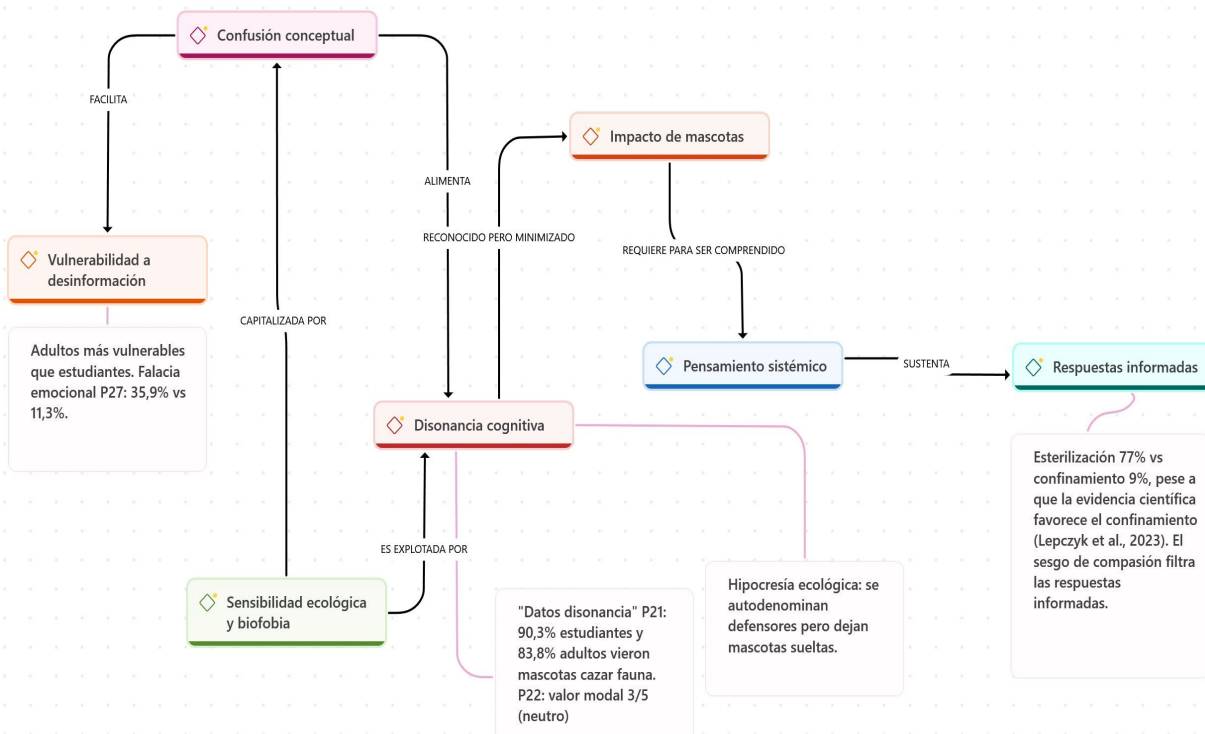
Red semántica 1: de la extinción de la experiencia al redescubrimiento de la biodiversidad local



Nota. Elaboración propia mediante Atlas.ti.

Figura 4

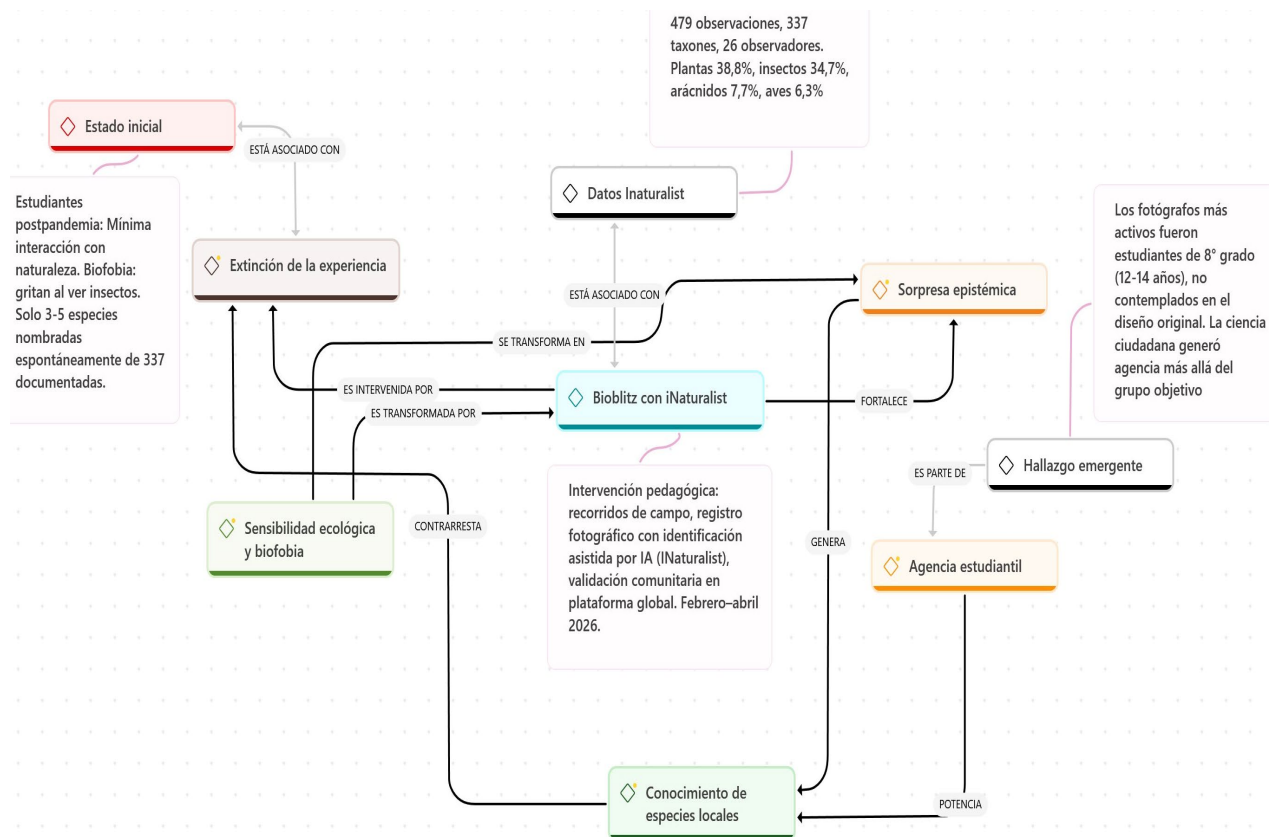
Red semántica 2: tensión entre bienestar animal y conservación de la fauna silvestre



Nota. Elaboración propia mediante Atlas.ti.

Figura 5

Red semántica 3: transformación pedagógica mediante ciencia ciudadana escolar



Nota. Elaboración propia mediante Atlas.ti.

Resultados del Momento 2

La submuestra estudiantil del Momento 2 conserva la estructura demográfica del Momento 1: 29 de los 30 estudiantes en el rango de 15 a 18 años, 63,3% de identificación femenina y 36,7% masculina, con 83,3% de residencia en zona urbana, 13,3% periurbana y 3,3% rural. La comparación entre los dos momentos en variables conceptuales clave evidencia cambios sustantivos sintetizados en la Tabla 3.

Tabla 3

Cambios en variables conceptuales clave entre los Momentos 1 y 2 (submuestra estudiantil)

Variable	T1 estud. (n=62) %	T2 estud. (n=30) %	Adultos (n=117) %	Fisher p	φ
P8. Insectos = 80% spp animales	32,3	70,0	32,5	< 0,001	0,356
P11. Explica enfoque One Health	8,1	60,0	10,3	< 0,001	0,562
P14. Bioindicadores con ejemplo	48,4	66,7	23,9	0,121	0,172
P20. Felinos sin cuidador como invasores UICN	11,3	56,7	15,4	< 0,001	0,484
P29. Identifica falacia ética	75,8	73,3	65,8	0,802	0,027

Nota. Porcentaje de respondientes con conocimiento conceptual sólido (definido por la opción más exigente de cada ítem). Prueba exacta de Fisher de dos colas T1 vs. T2 estudiantes; φ = coeficiente phi como tamaño de efecto. Los porcentajes de adultos se incluyen como referencia poblacional sin formación específica.

El indicador más conspicuo del Momento 2 es la apropiación articulada del enfoque One Health (P11): 5 de 62 estudiantes (8,1%) en T1 frente a 18 de 30 (60,0%) en T2 (Fisher p < 0,001; OR = 16,9; φ =

0,562, efecto grande). El contraste con los adultos refuerza la lectura: solo el 10,3% puede explicar el concepto, distancia categórica frente al Momento 2 (Fisher $p < 0,001$; $\phi = 0,497$). La triangulación cualitativa corrobora la apropiación: en las respuestas abiertas sobre lo aprendido en el Ciclo 4 (P32), los estudiantes señalan directamente esos contenidos, por ejemplo *"No sabía que los insectos eran el 80% de los animales en el planeta"* (respuesta textual de estudiante).

El reconocimiento de los gatos que deambulan sin cuidador como una de las especies más disruptivas del planeta según la UICN (P20) pasa del 11,3% al 56,7% (Fisher $p < 0,001$; OR = 10,3; $\phi = 0,484$, efecto grande), y el conocimiento sobre la proporción de invertebrados en la diversidad animal (P8) pasa del 32,3% al 70,0% (Fisher $p < 0,001$; $\phi = 0,356$). Las respuestas abiertas a los escenarios hipotéticos del Ciclo 4 evidencian articulación de razonamientos ecológicos complejos: los estudiantes movilizan en sus argumentos las categorías de especies endémicas, transmisión zoonótica de patógenos y dinámica poblacional invasora, vocabulario conceptual ausente en T1.

La valoración del impacto de las mascotas sobre la fauna silvestre (P22) muestra movimiento en la dirección esperada (media T1 = 3,29 \rightarrow T2 = 3,73; U = 723; Z = -1,72; $p = 0,072$; $r = 0,180$), significación marginal acorde con $n = 30$, reconocida como tal en alcances. La aceptación de información ambiental por carga emocional sin verificar (P27) se mantiene baja en estudiantes en ambos momentos (M T1 = 2,37; M T2 = 2,27), mientras que los adultos puntúan claramente más alto (M = 3,05), con contraste altamente significativo entre estudiantes T2 y adultos (U = 1153; Z = -2,89; $p = 0,003$; $r = 0,239$).

DISCUSIÓN

Los resultados convergen en un hallazgo central: existe una disociación profunda entre la valoración declarada de la biodiversidad y el conocimiento efectivo de las especies nativas, y la ciencia ciudadana escolar combinada con cuestiones sociocientíficas mediadas por inteligencia artificial reduce esa brecha. El componente longitudinal permite distinguir entre lo que ya está sedimentado antes de la formación específica (valoraciones actitudinales ya muy altas, en torno al 80%) y lo que la intervención del Ciclo 4 produce (apropiación conceptual articulada). La alta importancia atribuida a la conservación (78,8%) contrasta con la inclusión de mascotas domésticas como biodiversidad del entorno y con la escasa mención de invertebrados, fenómeno consistente con la extinción de la experiencia de Pyle (1993) y la asimetría informativa de Novacek (2008), y dialoga críticamente con la advertencia de Bonney et al. (2016): el modelo contributivo de ciencia ciudadana puede generar conocimiento declarativo sin transformar la posición epistémica frente al territorio. Los datos de agencia estudiantil documentados en la Red 3 sugieren que el presente estudio se aproxima al modelo colaborativo, lectura que requiere consolidación en futuras mediciones.

La Red 2 revela la tensión entre experiencia directa y reconocimiento conceptual como hallazgo central, inscrita en el debate entre la ética del bienestar animal y la ética de la conservación (Trouwborst et al., 2020). Esta tensión no se resuelve con información sino con desplazamientos de marco moral, lentos según los datos: la valoración del impacto de las mascotas sobre la fauna silvestre (P22) sube de 3,29 a 3,73 sin alcanzar significación estadística convencional ($p = 0,072$), lo que dialoga críticamente con la suposición optimista de Pérez-Martín y Esquivel-Martín (2024) sobre la facilidad de instalar el pensamiento sistémico en aula. La preferencia por esterilización (77%) sobre confinamiento (9%) ilustra cómo la respuesta emocional inmediata orienta las decisiones hacia medidas afectivamente aceptables pero científicamente insuficientes (Lepczyk et al., 2023). El paso del 8,1% al 60,0% en la apropiación articulada de One Health ($\phi = 0,562$) converge con lo que Hobusch et al. (2024) reportan en su Teaching Clinic austríaca: la apropiación conceptual se construye cuando el enfoque se articula a casos concretos y accesibles. Aquí ese anclaje fue territorial —los hipopótamos del Magdalena Medio y otros casos documentados en literatura científica sobre

animales y plantas que afectan negativamente a especies nativas—, lo que añade al modelo internacional una dimensión situada propia de la educación ambiental del Sur Global. La distancia entre estudiantes del Momento 2 (60,0%) y adultos (10,3%) sugiere una reestructuración cognitiva producida por la formación específica, que opera sobre la apropiación conceptual sin transformar las actitudes ya consolidadas.

ALCANCES Y LIMITACIONES

En este estudio se optó por comparar dos grupos distintos de la misma población escolar en momentos diferentes, en lugar de seguir exactamente a las mismas personas antes y después. Esta decisión se tomó para favorecer respuestas más honestas en preguntas sensibles desde el punto de vista ético. Por eso, las diferencias entre T1 y T2 deben entenderse como cambios entre dos mediciones independientes de una misma comunidad escolar, y no como un seguimiento individual. En ese sentido, los tamaños de efecto reportados pueden considerarse una estimación prudente del cambio observado. La submuestra del Momento 2 ($n = 30$) fue suficiente para identificar los efectos más importantes que sostienen las conclusiones centrales del estudio (ϕ entre 0,356 y 0,562). En cambio, los resultados más pequeños o menos claros, como el de P22 ($p = 0,072$), se presentan con cautela y sin exagerar su alcance. Por otra parte, el grupo de adultos de la comunidad ($n = 117$) no se utilizó como un grupo de control experimental, sino como un punto de referencia del entorno cercano al estudiantado. Además, para reducir el sesgo propio de las respuestas de autoinforme (Krumpal, 2013), se combinaron preguntas verificables con preguntas de opinión y se contrastaron con respuestas abiertas más amplias. Finalmente, este manuscrito presenta los resultados de los Momentos 1 y 2 de un proceso formativo que sigue en curso durante 2026. Está prevista una tercera aplicación en octubre, que incluirá nuevamente el instrumento completo, así como producciones argumentativas en audio y un grupo focal dialógico, materiales que se analizarán en trabajos posteriores.

CONCLUSIONES

Esta investigación muestra que estudiantes de un colegio público del piedemonte llanero, apoyados en celulares y una plataforma de ciencia ciudadana, lograron construir en 60 días un inventario biológico de 337 taxones, muy por encima del conocimiento que la comunidad educativa tenía sobre su propio entorno. Además, cinco estudiantes de octavo, que no estaban previstos en el diseño original, igualaron en producción fotográfica a los veinte de undécimo, con un promedio individual cuatro veces mayor. Esto evidencia que la ciencia ciudadana escolar puede activar formas de participación que van más allá de lo previsto. El contraste entre las tres a cinco especies que los participantes mencionaban espontáneamente en T1 y los 337 taxones documentados en iNaturalist ilustra con claridad la magnitud de lo que Pyle (1993) denominó la extinción de la experiencia.

El resultado más importante de esta etapa tiene que ver con una idea llamada "Una sola salud" (en inglés, One Health), que entiende que la salud de las personas, la de los animales y la del ambiente están unidas y no se pueden cuidar por separado. Al comenzar el proceso, solo 8 de cada 100 estudiantes (8,1%) lograban explicar esa conexión con claridad; después de una etapa de formación, ya lo conseguían 60 de cada 100 (60,0%). No fue un cambio fortuito: la medida estadística llamada tamaño del efecto (0,562) confirma que se trata de un avance grande y consistente, no fruto del azar. Estudios previos, como el de Pérez-Martín y Esquivel-Martín (2024), advertían que una idea suele quedar fragmentada en la cabeza del estudiante, aprendida en pedazos sueltos; lo que muestra este trabajo es que el problema no está en el concepto, sino en cómo se enseña, porque cuando las clases se conectan con problemas reales del territorio —situaciones cercanas que los estudiantes pueden ver y discutir— y aprenden a leer con sentido crítico gráficas tomadas de estudios científicos serios, el tema se vuelve cercano, útil y comprensible. Finalmente,

la diferencia entre los estudiantes formados (60,0%) y los adultos de la comunidad (10,3%) indica que esta manera de pensar la salud todavía no circula como conocimiento compartido en el entorno: la escuela está abriendo una puerta que aún no está abierta en la comunidad, lo que sugiere un siguiente paso natural, llevar este aprendizaje desde los estudiantes hacia sus familias y vecinos.

La tensión interna identificada en el Momento 1 sugiere que la resistencia no se explica solo por falta de información, sino también por factores emocionales. El cambio parcial observado entre T1 y T2 en la valoración del impacto de las mascotas (P22) indica que la formación específica empieza a reducir esa tensión, aunque su superación completa exige más ciclos formativos. A su vez, la brecha entre estudiantes y adultos —los adultos son más proclives a aceptar información por su carga emocional, a compartirla sin verificar y a resistirse a la evidencia científica sobre especies invasoras— muestra que los programas centrados solo en escolares pierden alcance si no involucran también a los adultos de la comunidad. En este sentido, la ciencia ciudadana escolar, articulada con cuestiones sociocientíficas y con lectura crítica de literatura científica publicada en revistas indexadas en Q1, no solo transmite conocimientos: también genera preguntas, que es justamente uno de los núcleos de la alfabetización científica.

REFERENCIAS

- Babbie, E. (2021). *The practice of social research* (15.^a ed.). Cengage Learning.
- Bonney, R. (1996). Citizen science: A lab out back. *WildBird*, 10(11), 52-57.
- Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J. L. (2009). Citizen science: A developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience*, 59(11), 977-984.
- Bonney, R., Phillips, T. B., Ballard, H. L., & Enck, J. W. (2016). Can citizen science enhance public understanding of science? *Public Understanding of Science*, 25(1), 2-16.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Heinemann.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3.^a ed.). SAGE Publications.
- De Sousa Santos, B. (2009). *Una epistemología del sur: La reinención del saber y la emancipación social*. Siglo XXI / CLACSO.
- Dickinson, J. L., Zuckerman, B., & Bonter, D. N. (2010). Citizen science as an ecological research tool: Challenges and benefits. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41, 149-172.
- FAO, OIE, & WHO. (2010). *The FAO-OIE-WHO Tripartite Concept Note*. World Health Organization.
- FAO, UNEP, WHO, & WOA. (2022). *One Health Joint Plan of Action (2022–2026)*. FAO.
- Fereday, J., & Muir-Cochrane, E. (2006). Demonstrating rigor using thematic analysis. *International Journal of Qualitative Methods*, 5(1), 80-92.
- Festinger, L. (1957). *A theory of cognitive dissonance*. Stanford University Press.
- Figuerola, J. G., González, E. G., & Solís, V. M. (1981). Una aproximación al problema del significado: Las redes semánticas. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 13(3), 447-458.
- Fisher, R. A. (1922). On the interpretation of χ^2 from contingency tables. *Journal of the Royal Statistical Society*, 85(1), 87-94.
- Freire, P. (1970). *Pedagogía del oprimido*. Siglo XXI.
- Himmegoğlu, B., Ayduğ, D., & Bayrak, C. (2023). Environmental education through the eyes of students. *International Electronic Journal of Environmental Education*, 13(1), 1-17.
- Hobusch, U., Scheuch, M., Heuckmann, B., Hodžić, A., Hobusch, G. M., Rammel, C., Pfeffer, A., Lengauer, V., & Froehlich, D. E. (2024). *One Health Education Nexus: Enhancing synergy among science-, school-*

- , and teacher education beyond academic silos. *Frontiers in Public Health*, 11, 1337748. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1337748>
- Hungerford, H. R., & Volk, T. L. (1990). Changing learner behavior through environmental education. *The Journal of Environmental Education*, 21(3), 8-21.
- Hurd, P. D. (1958). Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership*, 16(1), 13-16.
- IPBES. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services. IPBES Secretariat.
- Irwin, A. (1995). *Citizen science: A study of people, expertise and sustainable development*. Routledge.
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *Cómo planificar la investigación-acción*. Laertes.
- Krumpal, I. (2013). Determinants of social desirability bias in sensitive surveys: A literature review. *Quality & Quantity*, 47(4), 2025–2047. <https://doi.org/10.1007/s11135-011-9640-9>
- Lepczyk, C. A., Fantle-Lepczyk, J. E., Dunham, K. D., Bonnaud, E., Lindner, J., Doherty, T. S., & Woinarski, J. C. Z. (2023). A global synthesis and assessment of free-ranging domestic cat diet. *Nature Communications*, 14, 7809.
- Mann, H. B., & Whitney, D. R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The Annals of Mathematical Statistics*, 18(1), 50-60.
- Martínez Alier, J. (2002). *The environmentalism of the poor*. Edward Elgar.
- Mason, B. M., Mesaglio, T., Barratt Heitmann, J., Chandler, M., Chowdhury, S., Gorta, S. B. Z., Grattarola, F., Groom, Q., Hitchcock, C., Hoskins, L., Lowe, S. K., Marquis, M., Pernat, N., Shirey, V., Baasanmunkh, S., & Callaghan, C. T. (2025). iNaturalist accelerates biodiversity research. *BioScience*, 75(11), 953–965. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaf104>
- Mohammadi, A., & Alambeigi, A. (2025). Exploring the behavioral causal chain in free-ranging dogs feeding patterns in Southern Iran. *Scientific Reports*, 15, 31340.
- Novacek, M. J. (2008). Engaging the public in biodiversity issues. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(Suppl. 1), 11571-11578.
- Orr, D. W. (1992). *Ecological literacy: Education and the transition to a postmodern world*. SUNY Press.
- Pearce, S. D., Kelton, D. F., Sargeant, J. M., Winder, C. B., Olea-Popelka, F., & Parmley, E. J. (2024). Qualitative description of One Health perception, educational opportunities, and goals of students in programs related to human, animal, and environmental health. *CABI One Health*, 3(1). <https://doi.org/10.1079/cabionehealth.2024.0016>
- Pérez-Martín, J. M., & Esquivel-Martín, T. (2024). New insights for teaching the One Health approach: Transformative environmental education for sustainability. *Sustainability*, 16(18), 7967. <https://doi.org/10.3390/su16187967>
- Pyle, R. M. (1993). *The thunder tree: Lessons from an urban wildland*. Houghton Mifflin.
- Reyes-Lagunes, I. (1993). Las redes semánticas naturales. *Revista de Psicología Social y Personalidad*, 9(1), 81-97.
- Rosenthal, R. (1991). *Meta-analytic procedures for social research (Rev. ed.)*. SAGE.
- Saunders, B., Sim, J., Kingstone, T., Baker, S., Waterfield, J., Bartlam, B., Burroughs, H., & Jinks, C. (2018). Saturation in qualitative research. *Quality & Quantity*, 52(4), 1893-1907.
- Sánchez, F., & Rios, S. (2025). Entre lo urbano y lo rural: mamíferos no voladores en un campus universitario del piedemonte llanero colombiano. *Mammalogy Notes*, 11(2), 500. <https://doi.org/10.47603/mano.v11n2.500>
- Sauvé, L. (2005). Currents in environmental education. *Canadian Journal of Environmental Education*, 10(1), 11-37.
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin.



- Slovic, P., Finucane, M. L., Peters, E., & MacGregor, D. G. (2007). The affect heuristic. *European Journal of Operational Research*, 177(3), 1333-1352.
- Sterling, S. (2001). *Sustainable education: Re-visioning learning and change*. Green Books.
- Stevenson, R. B., Brody, M., Dillon, J., & Wals, A. E. (Eds.). (2013). *International handbook of research on environmental education*. Routledge.
- Torkar, G., & Rode, Ž. (2023). The iNaturalist application in biology education: A systematic review. *International Journal of Educational Methodology*, 9(4), 725-744.
- Trouwborst, A., McCormack, P. C., & Martínez Camacho, E. (2020). Domestic cats and their impact on biodiversity. *People and Nature*, 2(1), 235-250.
- UNESCO. (2023). *Recommendation on education for peace, human rights and sustainable development*. UNESCO Publishing.
- Vásquez-Ramos, J. M., Osorio-Ramírez, D. P., & Caro-Caro, C. I. (2025). Anthropogenic pressures and ecological quality gradients in rivers of the Colombian Orinoquia foothills. *Brazilian Journal of Biology*, 85, e298987. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.298987>
- Yosef, R. (2025). Confronting the challenge: Integrated approaches to mitigate the impact of free-ranging dogs on wildlife conservation. *Conservation*, 5(3), 29.
- Zhang, X., Jung, W., & Asari, M. (2025). Systematic review of environmental education teaching practices in schools. *Sustainability*, 17(19), 8561.
- Zinsstag, J., Schelling, E., Waltner-Toews, D., & Tanner, M. (2011). From "one medicine" to "one health". *The Lancet*, 377(9776), 1481-1483.