

## Modelos De Educación Ambiental Con Bambú Para Reducir Huella Ecológica En Campus Universitarios

### Environmental Education Models Using Bamboo to Reduce the Ecological Footprint on University Campuses

### Modelos de educação ambiental com bambu para reduzir a pegada ecológica em campus universitários

Loor Macias, Mercedes Guadalupe  
Universidad Estatal del Sur de Manabí  
[mercedes.loor@unesum.edu.ec](mailto:mercedes.loor@unesum.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0000-0586-0497>



García Sevillano, Maryuri Gema  
Cooperativa de Producción Artesanal de Bambú de Chone  
[cooprobambu.chone@gmail.com](mailto:cooprobambu.chone@gmail.com)  
[mayus\\_15@hotmail.com](mailto:mayus_15@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0001-9426-356X>



Falconez Zambrano, Geovanny Humberto  
Investigador Independiente  
[geovannyfalconez@hotmail.com](mailto:geovannyfalconez@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0004-6567-6121>



OI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/nE1/1347>

#### Como citar:

Loor-Macias, M. G., García-Sevillano, M. G., & Falconez-Zambrano, G. H. (2026). Modelos De Educación Ambiental Con Bambú Para Reducir Huella Ecológica En Campus Universitarios. *Código Científico Revista De Investigación*, 7(E1), 137–160.

**Recibido:** 11/02/2026

**Aceptado:** 17/03/2026

**Publicado:** 31/03/2026

### Resumen

El sobregiro ecológico mundial, estimado en una demanda equivalente a 1,7 Tierras, y las tendencias nacionales de aumento de la huella ecológica junto con la reducción de la biocapacidad per cápita en Ecuador evidencian que los campus universitarios, entendidos como microciudades, deben reducir sus presiones ambientales. El propósito fue diseñar y sustentar un modelo de educación ambiental con bambú para disminuir la huella ecológica en campus ecuatorianos, mediante la identificación de los componentes de mayor contribución, la estructuración de un programa experiencial, la estimación de cambios antes y después, y la formulación de lineamientos de escalamiento. Se empleó un enfoque cualitativo, no experimental y de alcance descriptivo, basado en revisión documental analítica con cribado y síntesis temática. Los resultados reportan huellas institucionales de 6.200 y 28.358,41 hectáreas globales, con predominio de transporte y energía, que concentran 49,4 y 40,1 por ciento del impacto, y un caso local con un acceso de 548 metros y alrededor de 3.000 vehículos diarios. La discusión indica que los laboratorios vivos permiten traducir la educación en cambios operativos, y que el bambú aporta valor pedagógico y material, con evidencias de emisiones de 9,3 kilogramos de dióxido de carbono en paneles de guadua y balances climáticos netos favorables en productos laminados. Se concluye que priorizar movilidad y energía, implementar ciclos de mejora continua y medir periódicamente hace viable el escalamiento institucional del modelo.

**Palabras clave:** Educación ambiental; Bambú; Huella ecológica; Campus universitario; Laboratorio vivo.

### Abstract

Global ecological overshoot, estimated at a demand equivalent to 1.7 Earths, and national trends of increasing ecological footprints coupled with declining per capita biocapacity in Ecuador show that university campuses, understood as micro-cities, must reduce their environmental pressures. The purpose was to design and support an environmental education model using bamboo to reduce the ecological footprint on Ecuadorian campuses by identifying the components that contribute most, structuring an experiential program, estimating changes before and after, and formulating scaling guidelines. A qualitative, non-experimental, descriptive approach was used, based on analytical document review with screening and thematic synthesis. The results report institutional footprints of 6,200 and 28,358.41 global hectares, with a predominance of transportation and energy, which account for 49.4 and 40.1 percent of the impact, and a local case with access of 548 meters and around 3,000 vehicles per day. The discussion indicates that living laboratories allow education to be translated into operational changes, and that bamboo provides pedagogical and material value, with evidence of 9.3 kilograms of carbon dioxide emissions in guadua panels and favorable net climate balances in laminated products. It is concluded that prioritizing mobility and energy, implementing continuous improvement cycles, and measuring periodically makes the institutional scaling of the model viable.

**Keywords:** Environmental education; Bamboo; Ecological footprint; University campus; Living laboratory.

### Resumo

O sobreconsumo ecológico global, estimado em uma demanda equivalente a 1,7 Terras, e as tendências nacionais de aumento da pegada ecológica, juntamente com a redução da

biocapacidade per capita no Equador, evidenciam que os campi universitários, entendidos como microcidades, devem reduzir suas pressões ambientais. O objetivo foi projetar e sustentar um modelo de educação ambiental com bambu para diminuir a pegada ecológica nos campus equatorianos, através da identificação dos componentes de maior contribuição, da estruturação de um programa experiencial, da estimativa das mudanças antes e depois e da formulação de diretrizes de escalonamento. Foi utilizada uma abordagem qualitativa, não experimental e de alcance descritivo, baseada na revisão documental analítica com triagem e síntese temática. Os resultados relatam pegadas institucionais de 6.200 e 28.358,41 hectares globais, com predominância de transporte e energia, que concentram 49,4 e 40,1 por cento do impacto, e um caso local com acesso de 548 metros e cerca de 3.000 veículos diários. A discussão indica que os laboratórios vivos permitem traduzir a educação em mudanças operacionais e que o bambu agrega valor pedagógico e material, com evidências de emissões de 9,3 kg de dióxido de carbono em painéis de guadua e balanços climáticos líquidos favoráveis em produtos laminados. Conclui-se que priorizar a mobilidade e a energia, implementar ciclos de melhoria contínua e medir periodicamente viabiliza a escalabilidade institucional do modelo.

**Palavras-chave:** Educação ambiental; Bambu; Pegada ecológica; Campus universitário; Laboratório vivo.

## Introducción

La presión ambiental contemporánea se expresa con nitidez cuando se contrasta la demanda humana de recursos con la capacidad del planeta para regenerarlos: la contabilidad de Huella Ecológica basada en las National Footprint Accounts reportó para 2014 un nivel de demanda equivalente a 1,7 “Tierras”, evidenciando un escenario de sobregiro ecológico sostenido y crecientemente riesgoso para la seguridad de recursos (Lin et al., 2018). En este marco, la huella ecológica (expresada en hectáreas globales, gha) permite traducir consumos y residuos en requerimientos de superficie bioproductiva, haciendo comparable la presión ambiental entre territorios e instituciones (Lin et al., 2018). Así, el problema deja de ser abstracto: se vuelve medible, atribuible a actividades específicas y susceptible de intervención, particularmente en espacios con alta concentración de consumo como las ciudades y sus “microciudades” educativas (Lin et al., 2018).

Los campus universitarios han sido conceptualizados como unidades urbanas con patrones de movilidad, energía, alimentación, compras y generación de residuos comparables a los de un barrio, pero con capacidad singular para producir cambios culturales (Velazquez et

al., 2006). La evidencia empírica confirma la magnitud: en el Politecnico di Torino (Italia), la huella total estimada alcanzó 6.200 gha en un año de referencia, valor que sugiere un nivel de presión ambiental desproporcionado respecto del área urbana disponible (Genta et al., 2022). De forma complementaria, estudios recientes en Asia reportan huellas institucionales del orden de 28.358,41 gha para un campus, reforzando que la escala del impacto universitario suele subestimarse cuando se lo reduce a campañas aisladas (Liu et al., 2024). Por tanto, medir y reducir huella ecológica en universidades no es un tema accesorio, sino un frente estratégico de sostenibilidad aplicada (Genta et al., 2022; Liu et al., 2024).

Cuando se desagrega el impacto, se observa que la huella universitaria está dominada por pocos “motores” de consumo, lo que abre oportunidades de intervención focalizada (Lambrechts & Van Liedekerke, 2014). En el caso italiano citado, el componente de transportes concentró 49,4% del impacto total y la energía explicó 40,1%, dejando en segundo plano, aunque no irrelevantes, rubros como alimentación (5,7%) y residuos (3,7%) (Genta et al., 2022). Además, al normalizar por población estudiantil, se obtienen referencias comparables: 0,19 gha/estudiante en Torino y 0,657 gha/persona en el campus chino analizado, lo cual sugiere márgenes concretos para reducir impacto a través de movilidad, eficiencia energética y cambios de consumo institucional (Genta et al., 2022; Liu et al., 2024). En síntesis, el problema no solo es grande: es estructural y recurrente en distintas geografías (Lambrechts & Van Liedekerke, 2014).

Sin embargo, la reducción de huella en campus no depende únicamente de infraestructura; requiere transformar prácticas y decisiones cotidianas de comunidades académicas, donde la educación ambiental actúa como palanca conductual (Qi et al., 2025). En una muestra de 413 estudiantes universitarios, se reportó que la intención ambiental predice positivamente la conducta proambiental ( $\beta = 0,387$ ;  $p < 0,001$ ), y que la educación en sostenibilidad influye en comportamientos mediante mecanismos psicológicos y apoyo

institucional (Qi et al., 2025). Los resultados descriptivos también muestran niveles altos de conducta proambiental auto-reportada (media  $\approx 6,309$  en escala 1–7), lo que sugiere que existe “base actitudinal” aprovechable si se traducen contenidos en hábitos y en decisiones de consumo dentro del campus (Qi et al., 2025). Por ello, la educación ambiental eficaz en universidades debería diseñarse como intervención situada, con medición y retroalimentación, en lugar de limitarse a sensibilización general (Qi et al., 2025).

Los enfoques de laboratorios vivos proponen integrar docencia, investigación y operación del campus en entornos reales de experimentación, reduciendo la brecha entre “lo que se enseña” y “lo que se hace” (Stuckrath et al., 2025). Una revisión integradora reciente define el Campus Living Lab como sistema de aprendizaje e innovación co-producido por estudiantes, docentes y personal operativo, y distingue cuatro modos (educativo, test-bed, estratégico y grassroots) que pueden articularse con metas de sostenibilidad (Stuckrath et al., 2025). En Ecuador, experiencias de este tipo ya muestran factibilidad: el Delta Project en la Universidad de Guayaquil se integró como entorno de aprendizaje interdisciplinario y de gestión urbana universitaria, evidenciando que la universidad puede operar como plataforma de transformación territorial y educativa simultáneamente (Morales et al., 2024). Por tanto, la discusión contemporánea se desplaza desde “tener programas verdes” hacia “tener modelos pedagógico-operativos evaluables” que incidan en la huella (Stuckrath et al., 2025; Morales et al., 2024).

El componente material del campus (mobiliario, cerramientos, sombreaderos, infraestructura ligera) suele quedar fuera de las intervenciones educativas, pese a su valor didáctico y su potencial de reducción de impacto por sustitución de materiales (Wang & Lan, 2024). En este punto, el bambú emerge como recurso estratégico porque combina disponibilidad, usos múltiples y beneficios climáticos potenciales cuando se considera el ciclo de vida (Wang & Lan, 2024). Un estudio de evaluación de ciclo de vida (100 años) sobre bambú

laminado cruzado reportó un rango promedio de GWP entre  $-318$  y  $-947$  kg CO<sub>2</sub>eq por m<sup>3</sup>, sugiriendo capacidad de funcionar como material “carbono-negativo” bajo ciertos supuestos de manejo de residuos y fin de vida (Wang & Lan, 2024). Así, incorporar bambú en campus no es solo “paisajismo”: puede ser una estrategia educativa-material con co-beneficios medibles (Wang & Lan, 2024).

En América Latina, el bambú del género *Guadua* tiene presencia amplia y propiedades útiles para soluciones constructivas ligeras y demostrativas, lo que refuerza su pertinencia para modelos educativos contextualizados (Ramirez et al., 2014). En Ecuador se ha estimado una superficie de 9.270 ha cultivadas con varias especies de bambú (incluyendo plantaciones y áreas naturales), aunque solo 3.500 ha serían económicamente utilizables, lo que sugiere un potencial subaprovechado para cadenas de valor sostenibles vinculadas al sector educativo y comunitario (Ramirez et al., 2014). A nivel de producto, un panel de *Guadua* (unidad funcional de 2,98 m<sup>2</sup>) se asoció con 9,3 kg CO<sub>2</sub> en un enfoque “cradle-to-gate”, donde los insumos adhesivos representaron 48% de las emisiones, evidenciando tanto oportunidades de mejora tecnológica como valor pedagógico para enseñar pensamiento de ciclo de vida (Ramirez et al., 2014). En Ecuador dispone de base biofísica y evidencia técnica para pasar del uso tradicional del bambú a su integración en estrategias universitarias de reducción de huella (Ramirez et al., 2014).

La literatura en sostenibilidad universitaria muestra que muchas instituciones han avanzado en marcos de gestión, pero mantienen una desconexión entre políticas, currículo y prácticas operativas cotidianas, lo que debilita el efecto sobre indicadores como la huella ecológica (Velazquez et al., 2006). El modelo de “universidad sostenible” propuesto a partir de evidencia empírica en alrededor de 80 instituciones de educación superior ya advertía la necesidad de articular estrategias, actores y prácticas para sostener el cambio más allá del “impulso inicial” (Velazquez et al., 2006). Paralelamente, el uso de la huella ecológica en

universidades se ha defendido no solo como indicador de operación, sino como herramienta pedagógica y de desarrollo de política interna, precisamente para evitar que la sostenibilidad quede confinada a campañas simbólicas (Lambrechts & Van Liedekerke, 2014). En este punto se instala la oportunidad: diseñar modelos educativos que conecten medición (huella), intervención (cambios de consumo) y materialidad demostrativa (bambú) en un mismo dispositivo formativo (Lambrechts & Van Liedekerke, 2014).

El caso ecuatoriano es particularmente sensible porque combina reservas de biocapacidad con señales de deterioro estructural que podrían convertir el superávit en déficit si no se ajustan patrones de consumo (Ilbay et al., 2021). Un análisis de tendencias 1961–2016 reportó incrementos anuales significativos en huella ecológica (+0,015 hag/año), población (+216.375 habitantes/año), PIB (+US\$1,2 mil millones/año) y emisiones de CO<sub>2</sub> (+718,6 kt), mientras la biocapacidad declinó (−0,086 hag/año) a un ritmo más acelerado que el aumento de la huella (Ilbay et al., 2021). Además, se documentó que Ecuador registró 1,7 gha/habitante y que su biocapacidad superaba la huella en 14%, pero con una reducción histórica de biocapacidad per cápita de 7,50 a 2,39 gha (−68,15%) entre 1961 y 2011, junto con un aumento de huella de 34,6% entre 2008 y 2011 (Ilbay et al., 2021).

En el nivel institucional ecuatoriano, aunque todavía son escasos los estudios integrales de huella ecológica universitaria, ya existen mediciones parciales que evidencian “puntos de entrada” factibles para reducir impacto mediante cambios de proceso y cultura organizacional (Mendoza Vargas et al., 2022). En una universidad pública, al estimar emisiones asociadas a consumo de papel y gestión documental, se reportaron 3,21 t CO<sub>2</sub>eq (2020–2021) y 3,00 t CO<sub>2</sub>eq (2021–2022), asociándose la virtualización y la política de reducción de impresiones con disminuciones medibles en la huella de carbono del proceso académico-administrativo analizado (Mendoza Vargas et al., 2022). Aunque este alcance no captura la totalidad de la huella universitaria (energía, movilidad, alimentación), sí demuestra que la combinación de

políticas internas, prácticas digitales y sensibilización puede producir reducciones cuantificables (Mendoza Vargas et al., 2022).

En la región Costa donde se concentra una parte importante de la población universitaria y de la dinámica urbana la movilidad y el uso de espacio público alrededor de los campus refuerzan la urgencia de intervenciones integradas (Morales et al., 2024). El caso del Delta Project en Guayaquil describe una vía universitaria de 548 metros que, en horas pico, gestiona un flujo aproximado de 3.000 vehículos diarios y 2.000 peatones, lo que evidencia presiones directas sobre energía (combustibles), emisiones y calidad ambiental del entorno inmediato (Morales et al., 2024). Este tipo de datos, aunque situados, muestra que la huella universitaria se construye en la interfaz campus-ciudad y que su reducción exige estrategias que combinen infraestructura ligera, vegetación, movilidad sostenible y educación experiencial (Morales et al., 2024; Genta et al., 2022; Ramirez et al., 2014).

El propósito del presente artículo es proponer y fundamentar un modelo aplicable a universidades de Ecuador, bajo el enfoque de aprendizaje situado y gestión ambiental medible (Stuckrath et al., 2025; Lambrechts & Van Liedekerke, 2014). Objetivo general: diseñar y evaluar un modelo de educación ambiental basado en bambú orientado a reducir la huella ecológica en campus universitarios ecuatorianos. Objetivos específicos: (i) identificar los componentes de mayor contribución a la huella ecológica del campus (p. ej., movilidad, energía y consumos), (ii) estructurar un programa educativo-experiencial con bambú como recurso material y “laboratorio vivo”, (iii) estimar cambios en indicadores de huella ecológica antes/después de la intervención y (iv) formular lineamientos de implementación y mejora continua para su escalamiento institucional (Genta et al., 2022; Stuckrath et al., 2025).

## Metodología

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, debido a que buscó comprender, comparar y argumentar más que medir estadísticamente los componentes conceptuales y operativos de los modelos de educación ambiental con bambú orientados a reducir la huella ecológica en campus universitarios, a partir de evidencia académica disponible (Creswell & Poth, 2018). En coherencia con ello, se adoptó una revisión documental analítica, entendida como una estrategia sistemática de lectura, selección e interpretación crítica de documentos para producir categorías y proposiciones con base en textos científicos (Espinoza-Mina & Colina-Vargas, 2024). En términos de diseño, la investigación fue no experimental porque no manipuló variables ni aplicó tratamientos en campo, sino que analizó información ya publicada; además, tuvo un alcance descriptivo al caracterizar enfoques, componentes e indicadores usados en la literatura para orientar los objetivos y la propuesta del artículo (Hernández Sampieri et al., 2014).

La unidad de análisis estuvo constituida por documentos científicos y técnicos con arbitraje o respaldo institucional (artículos de revistas, revisiones, capítulos académicos y documentos metodológicos) que abordaran al menos uno de los tres ejes: (i) huella ecológica/indicadores ambientales en universidades, (ii) educación ambiental y cambio de comportamiento en educación superior, y (iii) bambú (incluida Guadua) como material sostenible con enfoque de ciclo de vida o aplicaciones educativas/infraestructurales (Grant & Booth, 2009). Para asegurar trazabilidad y calidad editorial, el marco de búsqueda se orientó a bases y portales reconocidos por su control de indexación Scopus, Web of Science (WoS), JCR/Clarivate, SciELO y Redalyc priorizando publicaciones revisadas por pares (Campuzano-Vera et al., 2025). Se definió un periodo amplio (por ejemplo, 2005–2025) para cubrir la consolidación de sostenibilidad universitaria y, simultáneamente, la evolución reciente de

educación para el desarrollo sostenible y materiales alternativos como el bambú (Wiek et al., 2011).

La estrategia de búsqueda se construyó de forma iterativa, combinando descriptores en español e inglés y operadores booleanos, con el fin de capturar variaciones terminológicas entre disciplinas (Booth et al., 2016). A modo de guía, se emplearon cadenas del tipo: (“ecological footprint” OR “environmental footprint”) AND (“university” OR “campus”) AND (“education” OR “sustainability education” OR “environmental education” OR “living lab”), y en paralelo (“bamboo” OR “Guadua”) AND (“life cycle assessment” OR “LCA” OR “sustainable materials”) AND (“campus” OR “higher education”), ajustándolas según tesauros y sugerencias de cada base (Bramer et al., 2018). Para la focalización en Ecuador, se añadieron términos geográficos (Ecuador, Andean region, Latin America) y, cuando correspondió, se revisaron referencias “hacia atrás” y citas “hacia adelante” para ampliar cobertura sin perder pertinencia temática (Greenhalgh & Peacock, 2005).

El proceso de selección se organizó en etapas de cribado: (1) depuración de duplicados, (2) revisión por título y resumen, y (3) lectura a texto completo para verificar la alineación con los ejes analíticos y la posibilidad de extraer información metodológica y de resultados (Page et al., 2021). Se aplicaron criterios de inclusión orientados a: relevancia directa con huella ecológica/campus, educación ambiental universitaria o bambú con enfoque ambiental; disponibilidad de datos conceptuales o metodológicos replicables; y publicación en fuentes académicas o institucionales confiables (Moreira-Cantos & Mielles-Giler, 2005). En contraste, se excluyeron notas sin arbitraje, textos puramente promocionales y documentos sin claridad de método o sin información suficiente para sustentar categorías. Para fortalecer consistencia, se recomendó que al menos dos revisores validaran discrepancias por consenso, registrando decisiones en una bitácora de selección (Gough et al., 2017).

La extracción y el análisis de información se realizó mediante una matriz de síntesis que registró: autoría/año, contexto (país/región), tipo de estudio, unidad analizada (campus/estudiantes/infraestructura), indicadores utilizados (huella ecológica, carbono, energía, movilidad), componentes del modelo educativo (estrategias, recursos, evaluación) y evidencia sobre bambú (usos, ciclo de vida, criterios de sostenibilidad) (Miles et al., 2014). A partir de esta base, se desarrolló un análisis temático para identificar patrones recurrentes y tensiones (por ejemplo, predominio de intervenciones conductuales versus operativas; uso de indicadores sin integración pedagógica; o incorporación de materiales sostenibles sin medición de impacto) (Salazar-Alcivar, 2024). Posteriormente, se elaboró una síntesis narrativa que conectó hallazgos con la formulación de objetivos del artículo, asegurando que cada objetivo derivara de una brecha explícita hallada en la literatura y no de supuestos no verificables (Mayring, 2014).

El rigor se aseguró mediante criterios de credibilidad y auditabilidad: trazabilidad del proceso de búsqueda, registro de decisiones de inclusión/exclusión, coherencia entre categorías y fuentes, y revisión reflexiva de sesgos interpretativos del equipo investigador (Pita-Arizaga, 2025). Dado que se trabajó con documentos públicos, el estudio no involucró riesgos directos a participantes humanos; aun así, se consideraron principios éticos de integridad académica, evitando plagio, citando correctamente y respetando derechos de autor en el uso de materiales, figuras o extractos (COPE Council, 2019). En la etapa de redacción, la síntesis se orientó a producir un modelo argumentado y aplicable al contexto ecuatoriano, procurando transferibilidad mediante la descripción clara de condiciones institucionales típicas de campus y la explicitación de supuestos y límites del corpus documental (Yin, 2018).

## Resultados

### Identificar los componentes de mayor contribución a la huella ecológica del campus

A partir de la revisión documental analítica, se observó que la magnitud de la huella ecológica universitaria reportada en la literatura varía de forma marcada según el tamaño institucional, el método de cálculo y el alcance de rubros incorporados (Lambrechts & Van Liedekerke, 2014). En un campus europeo se estimó una huella total de 6.200 gha, mientras que en un campus asiático, bajo un método mejorado, se reportó 28.358,41 gha, lo que confirma que el impacto institucional puede escalar rápidamente cuando se incluyen consumos y servicios de soporte en mayor detalle (Genta et al., 2022; Liu et al., 2024). Además, al normalizar, dichos estudios reportaron valores de 0,19 gha/estudiante y 0,657 gha/persona, respectivamente, lo que permite comparar presiones ambientales sin depender exclusivamente del tamaño del campus (Genta et al., 2022; Liu et al., 2024).

En la desagregación por componentes, la evidencia converge en que movilidad/transportes y energía concentran la mayor proporción del impacto ambiental universitario (Lambrechts & Van Liedekerke, 2014). En el caso del campus analizado por Genta et al. (2022), el rubro transportes explicó 49,4% del impacto total y la energía representó 40,1%, mientras que componentes como alimentación (5,7%), residuos (3,7%), uso de suelo (0,7%) y agua (0,5%) tuvieron participaciones comparativamente menores (Genta et al., 2022). Este mismo estudio mostró la escala del desbalance al señalar que, para ser “autosuficiente” en términos de soporte ecológico, el campus requeriría un área 310 veces mayor, hallazgo que refuerza que la reducción de huella debe priorizar rubros de alta contribución en vez de acciones marginales (Genta et al., 2022).

La literatura sobre universidades urbanas indica que el problema no solo es el volumen de consumo, sino la brecha entre el “área física disponible” y el territorio ecológico requerido para sostener las actividades universitarias (Klein-Banai & Theis, 2011). En ese sentido, el

estudio de una universidad urbana reportó una relación huella ecológica/landprint de 1005, interpretada como un nivel de dependencia muy elevado de biocapacidad externa para sostener operaciones y absorber residuos asociados (Klein-Banai & Theis, 2011). Esta evidencia apoya la lectura de que, incluso en campus compactos, la huella no se reduce automáticamente por densidad espacial, sino que está determinada por patrones de energía, movilidad y abastecimiento vinculados al metabolismo urbano (Klein-Banai & Theis, 2011).

En la contextualización hacia Ecuador, la revisión identificó que los campus se articulan con presiones de movilidad en su entorno inmediato, lo cual resulta crítico si—como muestran los estudios de huella—el transporte tiende a liderar el impacto (Genta et al., 2022). En el caso del Delta Project de la Universidad de Guayaquil, se documentó que la Av. Delta (tramo de 548 m) funciona como nodo principal de acceso, con un flujo aproximado de 3.000 vehículos diarios y alrededor de 2.000 peatones en horas pico, lo que sugiere un foco operativo y educativo prioritario para intervenciones de reducción de huella relacionadas con movilidad, accesibilidad y rediseño del espacio (Morales et al., 2024).

Aunque el objetivo se centró en huella ecológica, la revisión integró evidencia de huella de carbono por su relación directa con el componente energético de la huella ecológica y su utilidad para identificar “puntos calientes” de gestión (Lambrechts & Van Liedekerke, 2014). En NTNU (Noruega), se estimó una huella total de 92 kilotoneladas de CO<sub>2</sub>-eq (2009) y un promedio de 4,6 toneladas por estudiante, destacando además que el uso de energía y actividades asociadas a edificios (asignadas al departamento de propiedad) figura entre las contribuciones más relevantes, y que la compra de equipos e insumos científicos también resulta un aporte importante (Larsen et al., 2013). De forma coherente con la dimensión educativa, un estudio con universitarios reportó una huella ecológica promedio de 7,3 gha (mín.= 3,5; máx.= 11,5) y señaló que los cambios de estilo de vida elegidos por estudiantes se concentraron en bienes (46%), vivienda/shelter (26%), alimentación (15%) y movilidad (13%),

lo cual refuerza que los rubros “bienes/materiales”, “energía/edificios” y “movilidad” son simultáneamente de alto impacto y educativamente intervenibles (Aguilos et al., 2025).

### **Estructurar un programa educativo-experiencial con bambú como recurso material y “laboratorio vivo”**

A partir de la revisión documental analítica, se identificó que la estructuración del programa educativo-experiencial se sostiene mejor cuando el campus se conceptualiza como Campus Living Lab (laboratorio vivo), es decir, como un sistema de aprendizaje e innovación donde estudiantes, docentes, investigadores y personal operativo co-producen soluciones en condiciones reales (Stuckrath et al., 2025). En particular, la evidencia sintetizada por este enfoque permite organizar el programa en cuatro modos complementarios—educativo, test-bed (banco de pruebas), estratégico y grassroots—lo que ofrece una arquitectura pedagógica-operativa para convertir actividades curriculares en acciones verificables de sostenibilidad dentro del campus (Stuckrath et al., 2025). Desde esta lógica, el resultado metodológico clave fue definir el programa como un ciclo continuo: (i) diagnóstico de prácticas y presiones ambientales, (ii) co-diseño de intervenciones, (iii) prototipado/implementación y (iv) retroalimentación para mejora, manteniendo el hilo entre aprendizaje situado y gestión ambiental institucional (Stuckrath et al., 2025).

En la traducción al contexto ecuatoriano, la literatura revisada mostró que los laboratorios vivos funcionan con mayor eficacia cuando se anclan en un problema espacial y operativo del campus que sea altamente visible y socialmente relevante (Morales et al., 2024). En el caso del Delta Project (Universidad de Guayaquil), se reportó que la intervención en la Av. Delta—de 548 m—opera como nodo crítico, con un flujo aproximado de 3.000 vehículos diarios y 2.000 peatones en horas pico; además, el proyecto se estructura en tres intervenciones principales y se evalúa mediante siete indicadores del instrumento E-ULL-HEIs, lo que

refuerza la idea de que el programa debe integrar objetivos, participación, interdisciplinariedad y articulación curricular (Morales et al., 2024).

En el plano pedagógico, la evidencia empírica revisada sustentó que el programa debe priorizar mecanismos que conviertan conocimiento en acción, especialmente mediante intención conductual e incentivos institucionales (Qi et al., 2025). En un estudio con 500 cuestionarios distribuidos, 413 respuestas válidas (tasa efectiva 82,6%), y escalas con consistencia interna alta (p. ej.,  $\alpha$  de Cronbach entre 0,895 y 0,948 en varias dimensiones), la intención ambiental predijo de forma significativa la conducta proambiental ( $\beta = 0,387$ ;  $p < 0,001$ ) y la interacción entre contrato psicológico y apoyo/incentivos externos también mostró efectos significativos ( $\beta = 0,166$ ;  $p < 0,001$ ) (Qi et al., 2025). Con base en ello, el programa se estructuró con (a) componentes curriculares para fortalecer conciencia e intención, (b) dispositivos institucionales visibles (recursos, facilidades, señalética, normas internas) y (c) medición periódica con cuestionarios estructurados para monitorear cambios en intención y conducta, coherentes con un laboratorio vivo que “aprende” por ciclos (Qi et al., 2025).

La integración del bambú se definió como recurso material-didáctico con doble función: (i) soporte para prototipos e intervenciones de bajo impacto en el campus y (ii) “objeto de aprendizaje” para enseñar pensamiento de ciclo de vida y toma de decisiones basada en evidencia (Ramirez et al., 2014). En Ecuador, se reportó una superficie estimada de 9.270 ha cultivadas con bambú, aunque solo 3.500 ha serían económicamente utilizables; además, para un panel de Guadua (unidad funcional 2,98 m<sup>2</sup>, masa 41,91 kg) se estimaron emisiones de 9,3 kg CO<sub>2</sub> (cradle-to-gate), donde la producción de insumos del adhesivo explicó 48% del total, lo cual orienta el programa a problematizar “puntos calientes” y explorar alternativas de mejora (Ramirez et al., 2014). Asimismo, el documento reportó que los paneles encolados y prensados pueden reclamar una durabilidad de hasta 40 años, frente a 5 años en paredes tradicionales, lo

que habilita actividades comparativas de desempeño, mantenimiento y sustitución material, integrando criterios ambientales y de uso (Ramirez et al., 2014).

### **Estimar cambios en indicadores de huella ecológica antes/después de la intervención**

La revisión documental identificó que, en universidades, una vía inmediata de estimación antes/después consiste en monitorear consumos institucionales con alta trazabilidad y traducirlos a emisiones/impactos mediante factores de emisión reportados. En Ecuador, en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), se estimaron emisiones asociadas al consumo de papel de 3,21 t CO<sub>2</sub>eq (2020–2021) y 3,00 t CO<sub>2</sub>eq (2021–2022), atribuyéndose la disminución al cambio hacia educación virtual y a la reducción de entrega de documentos físicos, lo que equivale a una reducción aproximada de 0,21 t CO<sub>2</sub>eq entre periodos académicos comparables (Mendoza Vargas et al., 2022). Este hallazgo respalda que el componente “consumos administrativos/educativos” puede evaluarse con lógica pretest–postest en campus, aportando un indicador para captar efectos tempranos de un modelo educativo-ambiental, aun cuando el estudio sea no experimental y descriptivo (Mendoza Vargas et al., 2022).

En el componente de alimentación relevante para la huella ecológica por su intensidad de recursos la evidencia revisada muestra que una intervención educativa puede generar cambios medibles en huella de carbono dietaria en ventanas temporales cortas. En un estudio cuasi-experimental con estudiantes de primer año (grupo “Food cluster” vs. control “Cosmos cluster”), la huella de la dieta normalizada a 2000 kcal/día pasó en el grupo de intervención de 4900 a 4572 g CO<sub>2</sub>-eq/día (baseline vs. follow-up), mientras el control pasó de 5261 a 5418 g CO<sub>2</sub>-eq/día; en términos relativos, el grupo de intervención registró un cambio promedio de –7% en huella total dietaria, –19% en huella asociada a carne de res y –28% en porciones reportadas de res por semana entre mediciones (Jay et al., 2019). Estos resultados sostienen que, para estimar cambios antes/después en campus, es viable usar instrumentos de autoinforme estructurado y conversión a impactos (g CO<sub>2</sub>-eq/día), incorporando además

análisis por subgrupos (p. ej., mujeres:  $-11\%$  en huella dietaria total y  $-29\%$  en huella de res) para identificar dónde el modelo educativo es más efectivo (Jay et al., 2019).

La síntesis evidenció que los mayores cambios pre/post suelen observarse cuando la intervención combina “señales” conductuales de bajo costo con acciones de gestión y, de ser posible, sustitución de soluciones materiales. En un campus alemán, una intervención con señalética para preferir escaleras redujo el uso del ascensor en  $\approx 7\%$  después de la implementación, y el diferencial de uso de escaleras “individual vs. en grupo” aumentó de  $\approx 8\%$  antes a  $17\%$  después, mostrando sensibilidad del indicador conductual en periodos cortos (Gölitzer et al., 2023). En paralelo, en edificios universitarios se ha reportado que sistemas de monitoreo inteligente (p. ej., control basado en  $\text{CO}_2$  e IoT) alcanzaron hasta  $34\%$  de ahorro energético en casos de estudio, lo que valida la pertinencia de medir consumo eléctrico (kWh) antes/después cuando el objetivo es incidir en rubros dominantes como energía (Franco et al., 2025). Para el componente bambú como recurso material demostrativo

La revisión incorporó evidencia de ciclo de vida: para  $1 \text{ m}^3$  de bambú laminado cruzado (CLB), el potencial de calentamiento global promedio a lo largo del ciclo (100 años) osciló entre  $-318$  y  $-947 \text{ kg CO}_2\text{eq}$ , lo que sustenta que prototipos de infraestructura ligera con bambú pueden contabilizarse como parte del “cambio” pre/post en indicadores (p. ej., huella de materiales), siempre que se expliciten escenarios de fin de vida y tasas de reciclaje (Wang & Lan, 2024).

### **Formular lineamientos de implementación y mejora continua para su escalamiento institucional**

De la síntesis documental se derivó que el escalamiento institucional del modelo exige, como primer lineamiento, gobernanza y alineación estratégica: (i) formalizar un equipo interactor (academia–gestión–operaciones–estudiantes) y (ii) insertar el programa en la planificación universitaria para evitar que dependa de iniciativas aisladas. En términos

operativos, la estructura más consistente es tratar el campus como laboratorio vivo y organizar la implementación en ciclos (diagnóstico–co-diseño–prototipado–evaluación–ajuste), articulando los modos educativo, test-bed y estratégico para sostener continuidad y legitimidad interna (Stuckrath et al., 2025). En el contexto ecuatoriano, la evidencia de experiencias tipo living lab sugiere que anclar el programa a problemas visibles del campus (p. ej., accesos y espacio público) facilita participación, interdisciplinariedad y transferencia a otras unidades académicas (Morales et al., 2024).

Como segundo lineamiento, la mejora continua debe basarse en medición simple, periódica y enfocada en “puntos calientes”, priorizando movilidad y energía cuando la literatura muestra que concentran los mayores aportes a la huella universitaria. En particular, la desagregación de huella ecológica en campus reporta contribuciones dominantes de transportes (49,4%) y energía (40,1%), lo que justifica que los indicadores de seguimiento se concentren en estos rubros para lograr reducciones verificables (Genta et al., 2022; Lambrechts & Van Liedekerke, 2014). Asimismo, la revisión identificó que, aun en diseños no experimentales, es viable implementar evaluaciones antes/después con indicadores de alta trazabilidad (p. ej., consumos institucionales) y microintervenciones conductuales: reducción de CO<sub>2e</sub> en consumos administrativos (como papel) y cambios medibles por señalética o estrategias de apoyo institucional, reforzando que el escalamiento debe acompañarse de tableros de indicadores y retroalimentación a la comunidad (Mendoza Vargas et al., 2022; Gölitzer et al., 2023; Qi et al., 2025).

Como tercer lineamiento, el uso de bambú debe consolidarse como recurso pedagógico-material estandarizable, con criterios mínimos de selección, seguridad, mantenimiento y enfoque de ciclo de vida para evitar “soluciones simbólicas”. La evidencia para Ecuador indica que el bambú (incluida Guadua) dispone de base productiva, pero también muestra “puntos críticos” ambientales asociados a insumos (p. ej., adhesivos) en productos transformados; por

ello, se recomienda que los prototipos (sombra, mobiliario, señalética, cerramientos ligeros) incluyan fichas técnicas de materiales, escenarios de fin de vida y actividades de aprendizaje que analicen costos ambientales y durabilidad como parte del currículo (Ramirez et al., 2014; Wang & Lan, 2024). En clave de escalamiento, el modelo puede replicarse por “paquetes” (guías + rúbricas + protocolos de prototipado + indicadores) en distintas facultades, siempre anclando la intervención a rubros dominantes de la huella y sosteniéndola mediante políticas e incentivos institucionales que conviertan intención ambiental en práctica cotidiana (Genta et al., 2022; Qi et al., 2025; Stuckrath et al., 2025).

## Discusión

Los hallazgos sintetizados confirman que la reducción de la huella ecológica en campus universitarios debe priorizar los rubros con mayor peso relativo, porque allí se concentran las oportunidades reales de mitigación. En particular, la evidencia de campus muestra que transportes (49,4%) y energía (40,1%) pueden explicar la mayor parte del impacto, lo que vuelve poco eficaces las intervenciones centradas únicamente en residuos o campañas generales si no se conectan con movilidad y consumo energético (Genta et al., 2022; Lambrechts & Van Liedekerke, 2014). Esta jerarquización adquiere mayor sentido al observar que, en entornos urbanos como Guayaquil, la interfaz campus-ciudad puede convertirse en un “punto caliente” operacional: el caso reporta un tramo de 548 m con flujos aproximados de 3.000 vehículos diarios y 2.000 peatones en horas pico, indicando presiones directas sobre emisiones y calidad ambiental en el acceso al campus (Morales et al., 2024).

La estructuración del programa educativo-experiencial con bambú se justifica cuando se integra como laboratorio vivo, debido a que permite convertir la sostenibilidad en una práctica observable y evaluable, y no en un discurso declarativo. La literatura conceptualiza los Campus Living Labs como arreglos de co-producción con ciclos iterativos (diagnóstico,

co-diseño, prototipado, evaluación y ajuste) y con modalidades complementarias (educativa, test-bed, estratégica y grassroots), lo que facilita sostener el aprendizaje situado y la gobernanza interna del cambio (Stuckrath et al., 2025; Velazquez et al., 2006). En paralelo, la evidencia empírica sobre estudiantes universitarios respalda que la educación ambiental es más efectiva cuando se combina con soporte institucional: la intención ambiental predice conducta proambiental ( $\beta = 0,387$ ;  $p < 0,001$ ) y los incentivos/condiciones del entorno modulan la traducción de actitudes en prácticas, lo cual orienta a diseñar el modelo con componentes curriculares, normativos y de infraestructura que refuercen hábitos (Qi et al., 2025).

En Ecuador ya se observan reducciones cuantificables en indicadores operativos específicos, como la disminución de emisiones asociadas a consumo de papel de 3,21 a 3,00 t CO<sub>2</sub>eq entre periodos, lo que valida que los cambios organizacionales y educativos pueden reflejarse en métricas sensibles (Mendoza Vargas et al., 2022). Complementariamente, intervenciones conductuales simples han mostrado efectos medibles, como una reducción de uso de ascensor de  $\approx 7\%$  tras señalética, mientras que la literatura también reporta potenciales ahorros de hasta 34% en energía con monitoreo inteligente en edificios universitarios, reforzando que la medición debe concentrarse en energía y movilidad para capturar impactos significativos (Gölitzer et al., 2023; Franco et al., 2025). En cuanto al bambú, su incorporación puede fortalecer la coherencia ambiental del modelo cuando se discute desde ciclo de vida: la evidencia reporta rangos de  $-318$  a  $-947$  kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup> para bambú laminado cruzado bajo ciertos escenarios, lo que vuelve pertinente usar prototipos de bambú como “objetos de aprendizaje” y, a la vez, como soporte de intervenciones físicas con potencial de reducción de huella si se controlan insumos y fin de vida (Wang & Lan, 2024).

## Conclusión

Las evidencias revisadas permiten concluir que la reducción de la huella ecológica en campus universitarios es más efectiva cuando se priorizan los componentes de mayor contribución especialmente movilidad y energía y se los traduce en metas operativas medibles, en lugar de acciones aisladas o únicamente comunicacionales. En consecuencia, el campus debe entenderse como una “microciudad” cuyo impacto depende de patrones cotidianos de consumo, desplazamiento y uso de infraestructura, por lo que la intervención debe concentrarse en los rubros con mayor potencial de reducción.

Un modelo de educación ambiental con bambú se fortalece cuando se implementa como aprendizaje experiencial dentro del propio campus, vinculando formación, co-diseño y ejecución de prototipos o soluciones demostrativas. El bambú aporta un valor doble: facilita la comprensión del enfoque de ciclo de vida y, al mismo tiempo, permite materializar intervenciones visibles (sombra, mobiliario, señalética, infraestructura ligera) que refuerzan la apropiación estudiantil y la coherencia entre discurso institucional y práctica cotidiana.

Se confirma la viabilidad de evaluar el modelo mediante comparaciones antes/después con indicadores de alta trazabilidad (consumos específicos y conductas observables), aun bajo un diseño no experimental y alcance descriptivo, siempre que se expliciten supuestos, límites y criterios de registro. Para asegurar sostenibilidad y escalamiento, resulta clave institucionalizar ciclos de mejora continua, definir responsables, estandarizar instrumentos de seguimiento y replicar el programa por unidades académicas, priorizando puntos críticos del campus y consolidando una cultura de medición para la toma de decisiones.

## Referencias bibliográficas

Aguilos, M., Leggett, Z., Jeffries, S., Lupek, M., & Ardon, M. (2025). *University Students' Ecological Footprint and Lifestyle Changes: Awareness vs. Action*. *Education Sciences*, 15(4), 432. <https://doi.org/10.3390/educsci15040432>

- Booth, A., Sutton, A., & Papaioannou, D. (2016). *Systematic approaches to a successful literature review* (2nd ed.). Sage.
- Bramer, W. M., Rethlefsen, M. L., Kleijnen, J., & Franco, O. H. (2018). Optimal database combinations for literature searches in systematic reviews: A prospective exploratory study. *Systematic Reviews*, 7, 245.
- Campuzano-Vera, S. E., Alcazar-Espinoza, J. A., Alcazar-Campuzano, M. Z., & Alcazar-Campuzano, J. A. (2025). Transformación de hábitos y actitudes ambientales mediante programas formativos integrales. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 3(3), 416-427. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n3/84>
- COPE Council. (2019). *COPE guidelines: A short guide to ethical editing for new editors*. Committee on Publication Ethics.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry & research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). Sage.
- Espinoza-Mina, M. A., & Colina-Vargas, A. M. (2024). *Tendencias en el acceso abierto a información ambiental en la Amazonía*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.1.108>
- Franco, A., Crisostomi, E., Leccese, F., Mugnani, A., & Suin, S. (2025). *Energy savings in university buildings: The potential role of smart monitoring and IoT technologies*. *Sustainability*, 17(1), 111 <https://doi.org/10.3390/su17010111>
- Genta, C., Favaro, S., Sonetti, G., Barioglio, C., & Lombardi, P. (2022). *Quantitative assessment of environmental impacts at the urban scale: The ecological footprint of a university campus*. *Environment, Development and Sustainability*, 24, 5826–5845. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01686-5>
- Gölitzer, F., Barbir, J., & Eustachio, J. H. P. P. (2023). *Saving energy at university campus via intervention to reduce elevator usage – a case study from Germany*. *Frontiers in Sustainability*, 4, 1196849. <https://doi.org/10.3389/frsus.2023.1196849>.
- Gough, D., Oliver, S., & Thomas, J. (2017). *An introduction to systematic reviews* (2nd ed.). Sage.
- Greenhalgh, T., & Peacock, R. (2005). Effectiveness and efficiency of search methods in systematic reviews of complex evidence: Audit of primary sources. *BMJ*, 331(7524), 1064–1065.
- Heller, M. C., & Keoleian, G. A. (2015). *Greenhouse gas emission estimates of U.S. dietary choices and food loss*. *Journal of Industrial Ecology*, 19(3), 391–401. <https://doi.org/10.1111/jiec.12174>.
- Helmets, E., Chang, C.-C., & Dauwels, J. (2021). *Carbon footprinting of universities worldwide: Part I—objective comparison by standardized metrics*. *Environmental Sciences Europe*, 33, 30. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00454-6>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Ilbay, M., Ruiz, J., Cueva, E., Ortiz, V., & Morales, D. (2021). *Empirical model for estimating the ecological footprint in Ecuador based on demographic, economic and environmental indicators*. *Journal of Ecological Engineering*, 22(5), 59–67.

<https://doi.org/10.12911/22998993/135868>

- Jay, J. A., D'Auria, R., Nordby, J. C., Rice, D. A., Cleveland, D. A., Friscia, A., Kissinger, S., Levis, M., Malan, H., Rajagopal, D., Reynolds, J. R., Slusser, W., Wang, M., & Wesel, E. (2019). *Reduction of the carbon footprint of college freshman diets after a food-based environmental science course*. *Climatic Change*, 154(3), 547–564. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02407-8>.
- Klein-Banai, C., & Theis, T. L. (2011). *An urban university's ecological footprint and the effect of climate change*. *Ecological Indicators*, 11(3), 857–860. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.11.002>
- Lambrechts, W., & Van Liedekerke, L. (2014). *Using ecological footprint analysis in higher education: Campus operations, policy development and educational purposes*. *Ecological Indicators*, 45, 402–406. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.04.043>
- Larsen, H. N., Pettersen, J., Solli, C., & Hertwich, E. G. (2013). *Investigating the Carbon Footprint of a University—The case of NTNU*. *Journal of Cleaner Production*, 48, 39–47. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.007>
- Lin, D., Hanscom, L., Murthy, A., Galli, A., Evans, M., Neill, E., Mancini, M. S., Martindill, J., Medouar, F.-Z., Huang, S., & Wackernagel, M. (2018). *Ecological Footprint Accounting for Countries: Updates and Results of the National Footprint Accounts, 2012–2018*. *Resources*, 7(3), 58. <https://doi.org/10.3390/resources7030058>
- Liu, J., Wang, H., & Zhao, Z. (2024). *Improvement and application of the ecological footprint calculation method—A case study of a Chinese university*. *Journal of Cleaner Production*, 450, 141893. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141893>
- Lu, T., Lü, X., & Viljanen, M. (2011). *A novel and dynamic demand-controlled ventilation strategy for CO2 control and energy saving in buildings*. *Energy and Buildings*, 43(9), 2499–2508. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.06.005>.
- Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: Theoretical foundation, basic procedures and software solution*. *Klagenfurt*.
- Mendoza Vargas, E. Y., Saa Saltos, J. W., Fiallos Barrionuevo, A. R., & Escobar Terán, H. E. (2022). *Universidad verde y la reducción de la huella de carbono en las actividades académicas en una Universidad Pública del Ecuador*. *Centrosur Agraria*, 1(15). <https://doi.org/10.37959/revista.v1i15.219>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). Sage.
- Morales, I., Segalás, J., & Masseck, T. (2024). *Urban Living Lab as an education strategy for sustainable development: A case study in the Faculty of Architecture and Urbanism of the University of Guayaquil*. *Espacio Abierto. Cuaderno Venezolano de Sociología*, 33(3). <https://doi.org/10.5281/zenodo.12813470>
- Moreira-Cantos, E. A., & Mielles-Giler, J. W. (2025). *Evaluación de impacto ambiental en los atractivos turísticos Paseo Lúdico del cantón Montecristi, Manabí, Ecuador*. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 3(3), 229–246. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n3/72>
- Muttaqien, Z., Wasityastuti, W., Sofyana, H., Agustiniingsih, N., & Wibowo, R. A. (2023). *A*

- longitudinal controlled signage intervention to increase stair use at university buildings: Process and impact evaluation using RE-AIM framework. Frontiers in Public Health*, 11, 1079241. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1079241>.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71.
- Pita-Arizaga, A. E. (2025). Retos legales en la implementación de la economía circular y su impacto en el derecho ambiental. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 3(1), 30-43. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n1/34>
- Qi, S., Niu, M., & Guan, Z. (2025). Promoting pro-environmental behavior among university students through sustainability education and institutional support: A mediated moderation model. *Sustainability*, 17(22), 10069. <https://doi.org/10.3390/su172210069>
- Qi, S., Niu, M., & Guan, Z. (2025). Promoting pro-environmental behavior among university students through sustainability education and institutional support: A mediated moderation model. *Sustainability*, 17(22), 10069. <https://doi.org/10.3390/su172210069>
- Ramirez, A. D., Torres, D., Peña, P., & Duque-Rivera, J. (2014). Life cycle assessment of greenhouse gas emissions arising from the production of glued and pressed wall panels derived from *Guadua angustifolia* Kunth (bamboo) in Ecuador. *WIT Transactions on The Built Environment*, 142, 447–457. <https://doi.org/10.2495/ARC140381>
- Salazar-Alcivar, A. N., Alcivar-Córdova, D. M., Flores-Verdesoto, G. E., Montaña-Villa, J. J., & Salazar-Alcivar, L. E. (2024). Educación ambiental como herramienta para fomentar la conciencia ecológica en estudiantes de secundaria. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 2(2), 40-52. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v2/n2/42>
- Stuckrath, C., Rosales-Carreón, J., & Worrell, E. (2025). Conceptualisation of Campus Living Labs for the sustainability transition: An integrative literature review. *Environmental Development*, 54, 101143. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2025.101143>
- Wang, Y., & Lan, K. (2024). Life cycle assessment of emerging mass timber product: Cross-laminated bamboo. *Cleaner Environmental Systems*, 15, 100243. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2024.100243>
- Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6, 203–218.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). Sage.