

Educación ambiental e indagación científica para el desarrollo de la conciencia ecológica

Environmental education and scientific inquiry for the development of ecological awareness

Recibido: 20/05/2026 - Aceptado: 01/08/2026

Juan Tenorio

<https://orcid.org/0009-0007-1357-490X>

jtenoriotocas@gmail.com

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú

Liliana Villafuerte

<https://orcid.org/0009-0004-5626-0175>

lilianavillafuerterivero@gmail.com

Universidad Nacional Enrique Guzmán y Valle. Lima, Perú

Lila Cordero

<https://orcid.org/0009-0002-2471-7746>

lilafil@hotmail.com

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú

Zaydi López

<https://orcid.org/0009-0007-3741-8119>

zaydi.lopez@upsjb.edu.pe

Universidad Privada San Juan Bautista. Lima, Perú

Alejandro Medina

<https://orcid.org/0000-0003-1196-4473>

amedina@utp.edu.pe

Universidad Tecnológica del Perú. Lima, Perú

Vicente H. Orbegoso

<https://orcid.org/0000-0002-2163-7946>

vorbegoso@unitru.edu.pe

Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar el desarrollo de la conciencia ambiental y las competencias de indagación científica en estudiantes de educación secundaria mediante la implementación de una experiencia pedagógica basada en el seguimiento del crecimiento y desarrollo de *Schinus terebinthifolius* en un entorno escolar urbano de Lima, Perú. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con un diseño preexperimental de pretest y postest. En el mismo, participaron 30 estudiantes, quienes realizaron actividades de observación, registro y análisis de las características morfológicas de 26 ejemplares de la especie, así como de la biodiversidad asociada. Los resultados evidenciaron mejoras en los conocimientos, las actitudes y las prácticas relacionadas con el cuidado del ambiente, además de un fortalecimiento de las competencias de indagación científica. La experiencia permitió utilizar la infraestructura verde de la institución educativa como un "laboratorio vivo", en el que los estudiantes vincularon los contenidos científicos con la observación directa de procesos naturales. Se concluye que el seguimiento sistemático de *Schinus terebinthifolius* constituye una estrategia

pedagógica pertinente para promover aprendizajes significativos, fortalecer la conciencia ambiental y desarrollar habilidades científicas en contextos escolares urbanos.

Palabras clave: biodiversidad, ecología, educación ambiental, enseñanza secundaria, medio ambiente.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the development of environmental awareness and scientific inquiry skills in secondary school students through a pedagogical experience based on monitoring the growth and development of *Schinus terebinthifolius* in an urban school environment in Lima, Peru. The research employed a quantitative, applied approach with a pre-experimental pretest/posttest design. Thirty students participated, observing, recording, and analyzing the morphological characteristics of 26 specimens of the species, as well as the associated biodiversity. The results showed improvements in knowledge, attitudes, and practices related to environmental stewardship, along with a strengthening of scientific inquiry skills. The experience allowed the school's green spaces to be used as a "living laboratory," where students connected scientific content with the direct observation of natural processes. It is concluded that the systematic monitoring of *Schinus terebinthifolius* constitutes a relevant pedagogical strategy for promoting meaningful learning, strengthening environmental awareness, and developing scientific skills in urban school settings.

Keywords: biodiversity, ecology, environmental education, secondary education, environment.

Introducción

A escala global, aproximadamente 4,2 mil millones de personas viven en áreas urbanas expuestas a niveles elevados de contaminación ambiental, situación relacionada, entre otros factores, con la insuficiencia de espacios verdes. Asimismo, durante el periodo 2023–2024, se registraron cerca de siete millones de muertes anuales asociadas con la deficiente calidad del aire (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2023). En 2023, alrededor de 23.000 instituciones educativas habían implementado iniciativas de reforestación, entre las que destacan las experiencias desarrolladas en Finlandia y Japón. En América Latina, el Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe (CAF, 2024) informó que aproximadamente 340 millones de personas habitan en ciudades afectadas por la contaminación del aire, el suelo y el agua, problemática vinculada con la insuficiencia de áreas verdes y con cerca de 180.000 muertes anuales. En el Perú, más de 21 millones de habitantes urbanos enfrentan condiciones ambientales críticas asociadas con la limitada disponibilidad de parques y jardines (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2023).

En el Perú, cerca de 12.000 muertes anuales se relacionan con enfermedades respiratorias derivadas de la contaminación atmosférica. Esta problemática se agudiza debido a las marcadas desigualdades en la distribución de la cobertura vegetal urbana, particularmente en Lima, una de las ciudades más afectadas. En la capital, aproximadamente nueve millones de habitantes están expuestos a concentraciones elevadas de dióxido de nitrógeno y material particulado, en un contexto caracterizado por la insuficiencia de espacios verdes. Además, la disponibilidad de estas áreas varía considerablemente entre los distritos: mientras algunos superan los 20 m² de área verde por habitante, otros apenas alcanzan los 3 m² (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2023). Esta situación se relaciona con la aparición de problemas respiratorios, tanto en estudiantes como en adultos (Ministerio del Ambiente, 2024).

En el distrito de Puente Piedra, aproximadamente 416.000 habitantes enfrentan un déficit crítico de áreas verdes, con una disponibilidad inferior a 2 m² por persona. Esta carencia contribuye al deterioro de la calidad del aire y del suelo y se relaciona con cerca de 1.200 casos anuales de enfermedades respiratorias y dermatológicas (MINAM, 2023; Municipalidad Metropolitana de Lima, 2023). Frente a este escenario, las áreas verdes escolares adquieren especial importancia, no solo por su valor ecológico, sino también por su potencial pedagógico. Sin embargo, el abandono, el mantenimiento insuficiente, el manejo inadecuado de los residuos y la limitada participación de la comunidad educativa restringen sus posibilidades formativas. En este contexto, el estudio de *Schinus terebinthifolius* se plantea como una estrategia de interés ecológico y pedagógico, capaz de promover la educación ambiental mediante experiencias de aprendizaje contextualizadas y vinculadas con el entorno escolar.

El objetivo del estudio fue evaluar el desarrollo de la conciencia ambiental y de las competencias de indagación científica en estudiantes de educación secundaria mediante la implementación de una experiencia pedagógica basada en el seguimiento del crecimiento y desarrollo de *Schinus terebinthifolius* en un entorno escolar urbano.

Marco teórico

La teoría de la conservación ambiental, aplicada al análisis de las áreas verdes urbanas, se fundamenta en los principios del conservacionismo moderno, cuyo propósito es promover la gestión racional de los recursos naturales con base en criterios de sostenibilidad (Ryan, 2022). Este enfoque reconoce los espacios verdes como componentes esenciales del equilibrio urbano, especialmente desde finales del siglo XIX, período en el que la urbanización y la expansión industrial incrementaron la presión sobre los ecosistemas naturales (Anees et al., 2023). Desde esta perspectiva, conservar no significa únicamente preservar, sino también planificar el uso racional y equitativo de los recursos e integrar las áreas verdes en la infraestructura ecológica de las ciudades (Lu, 2021). En consecuencia, los parques, jardines y corredores verdes se conciben como superficies vegetadas que cumplen funciones ecológicas, recreativas y estéticas, al contribuir a la mitigación de los impactos ambientales, proporcionar sombra, regular el microclima y favorecer el bienestar de la población (Jabbar et al., 2022; Zhang & Qian, 2024).

Desde el enfoque de la infraestructura verde urbana y los servicios ecosistémicos, las áreas verdes se caracterizan por su naturaleza multifuncional, ya que contribuyen a reducir la contaminación sonora, promover la recreación, fortalecer la cohesión social y proporcionar refugio a diversas especies de aves, insectos y otros organismos (Zhang & Qian, 2024; Reyes-Riveros et al., 2021). Asimismo, favorecen la conservación del agua, la protección del suelo y la purificación del aire, articulando la sostenibilidad ambiental con la salud pública y la calidad de vida urbana (Reyes-Riveros et al., 2021; Jabbar et al., 2022). En este contexto, el molle costeño (*Schinus terebinthifolius*) destaca como una especie arbórea de la familia Anacardiaceae, distribuida en la costa peruana, que puede alcanzar hasta 15 metros de altura y superar los 50 años de longevidad. Sus principales características, como la copa frondosa, los frutos rojizos, la tolerancia a la sequía y la capacidad para desarrollarse en suelos pobres, favorecen su adaptación a condiciones climáticas áridas y semiáridas (Razzak et al., 2023). Estas cualidades le confieren ventajas para su uso en espacios urbanos, especialmente en zonas con limitada disponibilidad de agua y condiciones edáficas poco favorables. Además, requiere suelos bien drenados y exposición directa a la luz solar, mientras que su propagación mediante semillas y plántones facilita su incorporación en procesos de revegetación y en estrategias de manejo sostenible de áreas urbanas (Máthé & Bandoni, 2021; Maité-Rodríguez-Díaz et al., 2024).

Desde un enfoque ecológico-funcional y biocultural, *Schinus terebinthifolius* ofrece diversos beneficios para la conservación ambiental. Su presencia contribuye a regular el microclima local, proporcionar sombra, prevenir la erosión del suelo, favorecer la infiltración del agua y retener partículas de polvo en suspensión, con efectos positivos tanto en ecosistemas urbanos como rurales (Razzak et al., 2023). Asimismo, puede favorecer la formación de microecosistemas asociados con insectos polinizadores, organismos de control biológico, aves y microorganismos del suelo, contribuyendo al equilibrio ecológico. A estos beneficios se suma su valor cultural y medicinal, expresado en el uso tradicional de su aroma en rituales de purificación y en las propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas, analgésicas, cicatrizantes, antiparasitarias, digestivas, diuréticas y expectorantes atribuidas a sus hojas, frutos, resina y corteza (Máthé & Bandoni, 2021). Por estas razones, *Schinus terebinthifolius* puede constituir un recurso importante para la conservación ambiental, la restauración de áreas degradadas y el fortalecimiento del equilibrio ecológico, siempre que su manejo se realice de manera planificada y sostenible.

Desde el enfoque del aprendizaje situado y del laboratorio vivo, la conservación urbana adquiere especial relevancia en el ámbito educativo, debido a que permite relacionar la infraestructura verde escolar con la resiliencia climática y el desarrollo de experiencias de aprendizaje contextualizadas. En este sentido, las áreas verdes escolares pueden contribuir a mitigar el efecto de la isla de calor, mejorar la calidad del aire y generar espacios destinados al desarrollo de la conciencia ambiental y la participación comunitaria (Jabbar et al., 2022). En contextos urbanos densamente poblados y caracterizados por un acceso desigual a estos espacios, la forestación educativa requiere articular la planificación urbana, la educación ambiental y la gestión participativa. Dentro de esta perspectiva, *Schinus terebinthifolius* destaca por su capacidad de regulación microclimática, su valor cultural y su aporte a la infraestructura verde escolar (Razzak et al., 2023), así como por su tolerancia a la sequía y su potencial para reducir la temperatura en patios revegetados (Serrano-Jiménez et al., 2025). También se ha documentado su adaptación a sistemas de riego no convencionales, como la captación de niebla, y su utilidad en diseños pasivos orientados a disminuir el estrés térmico en la infraestructura educativa (León et al., 2022; Cuya et al., 2024). Además, el manejo sostenible de la especie permite aprovechar los residuos de poda para la elaboración de compost y otros fines energéticos (Dapsopoulou et al., 2024). Su incorporación en corredores ecológicos y proyectos de restauración urbana puede reforzar la conectividad ecológica y la identidad cultural (Larrea et al., 2024), mientras que su crecimiento, baja demanda hídrica y capacidad para reducir la erosión respaldan su uso en instituciones educativas (Bejarano et al., 2025). De este modo, su implementación puede favorecer la biodiversidad, el confort térmico y la educación ambiental desde edades tempranas, especialmente en

comunidades expuestas a condiciones de vulnerabilidad climática (Pérez et al., 2024; Sarigu et al., 2025; Hinojosa et al., 2021). Finalmente, su contribución potencial a la reducción del material particulado reafirma su relevancia ecológica, cultural y educativa en los entornos urbanos (Gebreyesus et al., 2024).

Metodología

La investigación se llevó a cabo en el área de Ciencia y Tecnología de una institución educativa de nivel secundario ubicada en el distrito de Puente Piedra, Lima, Perú. Participaron 30 estudiantes de segundo grado. Se empleó un enfoque cuantitativo de tipo aplicado y un diseño preexperimental con un solo grupo y mediciones antes y después de la intervención (pretest–postest). El estudio tuvo como propósito evaluar los cambios en la conciencia ambiental y las competencias de indagación científica a partir del uso de *Schinus terebinthifolius* como recurso pedagógico. La experiencia se desarrolló en concordancia con el Currículo Nacional del Ministerio de Educación del Perú y comprendió actividades vinculadas con la formulación de preguntas, la experimentación, el análisis de evidencias y la elaboración de explicaciones científicas.

Técnicas de recolección y producción de datos

La recolección de información se organizó en dos componentes: educativo y ecológico. En el componente educativo se analizaron los datos obtenidos de los 30 estudiantes mediante la aplicación del pretest y el postest, así como a través de rúbricas de evaluación y bitácoras de trabajo. El componente ecológico comprendió la evaluación de los 26 ejemplares de *Schinus terebinthifolius* presentes en el área verde de la institución educativa. Para ello, se registraron variables morfológicas, como la altura, el diámetro basal, el número de ramas, la longitud de las hojas y el área de sombra. También se consideraron variables ambientales, entre ellas la temperatura, la humedad relativa y la biodiversidad asociada. La altura se midió desde la base del tallo hasta el ápice mediante una cinta métrica, mientras que el diámetro basal se determinó a 5 cm del nivel del suelo.

Procedimiento

La intervención se desarrolló en cuatro fases. En la primera, los estudiantes analizaron la problemática ambiental de su entorno e identificaron la escasez de áreas verdes y sus posibles efectos en el ambiente escolar. En la segunda fase, formularon preguntas e hipótesis de indagación con la orientación del docente, entre ellas: “¿Qué factores influyen en el crecimiento de la planta?” y “¿Cómo afecta el manejo del suelo?”. Durante la tercera fase, realizaron actividades prácticas relacionadas con la plantación, el monitoreo semanal y el registro sistemático de los ejemplares. Las bitácoras consignaron la fecha de observación, las variables evaluadas, las condiciones ambientales, las apreciaciones cualitativas y las reflexiones de los estudiantes. En la cuarta fase, los participantes analizaron e interpretaron la información obtenida y presentaron sus resultados en la feria de Ciencia y Tecnología. Para el procesamiento de los datos se empleó estadística descriptiva, considerando la media, los valores mínimo y máximo, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Además, se compararon las medias obtenidas en el pretest y el postest.

Resultados y discusión

El estudio de los 26 ejemplares de *Schinus terebinthifolius*, ubicados dentro del perímetro de una institución educativa de Lima, permitió caracterizar su desarrollo morfológico, identificar algunas de sus interacciones ecológicas y valorar su aporte funcional en el ecosistema escolar. Estos resultados se analizaron en relación con su potencial como recurso pedagógico para el fortalecimiento de la conciencia ambiental y el desarrollo de competencias de indagación científica en los estudiantes.

Resultados del impacto educativo en la conciencia ambiental

Para evaluar el impacto de la intervención pedagógica basada en la indagación científica, se aplicó una escala Likert antes y después de las actividades. Los resultados muestran un aumento en la conciencia ambiental de los estudiantes, especialmente en conocimiento ambiental, actitudes hacia el cuidado del entorno y prácticas sostenibles. El postest evidenció mejores puntuaciones que el pretest, lo que sugiere un efecto positivo de la experiencia educativa. Además, las rúbricas y bitácoras de campo reflejaron avances en competencias de indagación científica, mediante la observación, registro y análisis de variables morfológicas y ecológicas de *Schinus terebinthifolius* en el entorno escolar.

Tabla 1*Comparación del pretest y posttest*

Dimensión	Pretest (Media)	Posttest (Media)
Conocimiento	2.8	4.1
Actitudes	3	4.3
Prácticas	2.7	4

La Tabla 1 evidencia un incremento significativo en las puntuaciones promedio de las tres dimensiones evaluadas, destacando el aumento en conocimiento ambiental (de 2.8 a 4.1), actitudes (de 3.0 a 4.3) y prácticas sostenibles (de 2.7 a 4.0), lo que sugiere un efecto positivo de la intervención pedagógica basada en la indagación científica.

Tabla 2*Niveles de conciencia ambiental antes y después de la intervención*

Nivel	Pretest (%)	Posttest (%)
Bajo	40%	5%
Medio	50%	30%
Alto	10%	65%

La Tabla 2 demuestra una mejora clara en la conciencia ambiental: en el pretest predominaban los niveles bajo (40%) y medio (50%), mientras que en el posttest el nivel alto aumentó al 65% y el nivel bajo se redujo al 5%. Esto refleja un cambio favorable en la percepción, valoración y comportamiento ambiental de los estudiantes.

Resultados morfológicos de la especie

Tabla 3*Morfología de los ejemplares de *Schinus terebinthifolius**

Variable	Mean	Mediana	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
Altura (cm)	135.5	136.5	31.7	56	200
Diámetro del tallo (cm)	2.81	2.8	0.59	1.9	4.1
Nº de ramas	8.62	8	4.11	2	20
Longitud de hoja (cm)	5.9	6	0.99	4	8.5
Color del follaje	—	—	—	—	Verde claro a verde oscuro (con tonalidades intermedias como verde lima)

La Tabla 3 muestra variabilidad en altura, diámetro del tallo, ramificación y longitud foliar de los ejemplares evaluados, evidenciando la capacidad adaptativa de *Schinus terebinthifolius* en el entorno escolar. Estas diferencias permitieron a los estudiantes analizar la influencia de nutrientes, exposición solar y manejo en el crecimiento vegetal, fortaleciendo la observación sistemática, la interpretación de datos y la formulación de hipótesis.

Tabla 4*Fauna y flora asociada observada en ejemplares de Schinus terebinthifolius*

Categoría	Observaciones principales	Frecuencia / % aprox.
Insectos	Predominio de hormigas en la casi totalidad de los ejemplares; adicionalmente se registró la presencia de moscas, arañas, grillos, mariquitas, cochinillas, gusanos y abejas.	Hormigas: 92%; otros insectos: 38%
Aves	No se registró la presencia de aves en ninguno de los ejemplares observados.	0%
Plantas subyacentes	Predominio de especies suculentas; presencia ocasional de pasto, tomate y zapallo.	Suculentas: 73%; otras: 27%
Notas adicionales	Se detectó fertilizante orgánico en el 35% de los ejemplares; inflorescencias en el 23%; y problemáticas como presencia de hongos, ramas secas, residuos, zapallo en descomposición, envolturas y cenizas en el 19%.	—

La Tabla 4 muestra que *Schinus terebinthifolius* funciona como microhábitat para organismos asociados, principalmente hormigas y otros artrópodos. Estas observaciones permitieron reconocer relaciones ecológicas en el ecosistema escolar y valorar la biodiversidad en el equilibrio ambiental. Además, la presencia de hongos, residuos sólidos y diferencias de manejo favoreció el análisis crítico sobre el impacto humano en los espacios verdes.

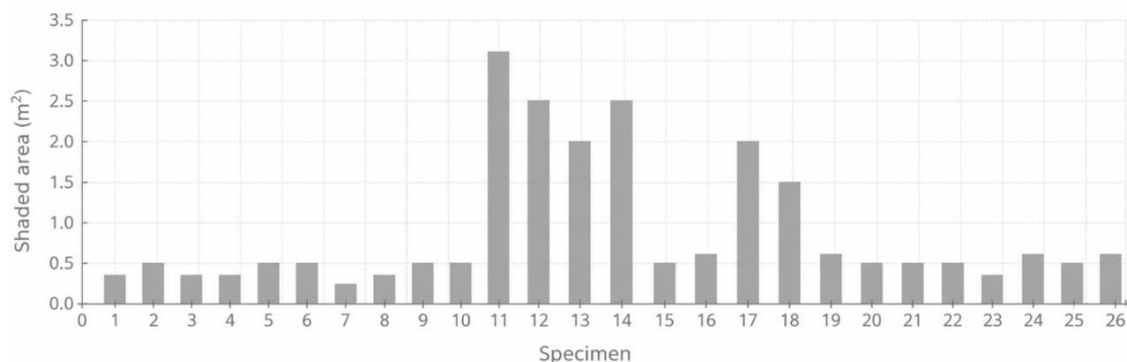
Tabla 5*Usos medicinales tradicionales de Schinus terebinthifolius (molle costeño)*

Parte utilizada	Preparación tradicional	Afecciones tratadas	Modo de uso
Fruta	Utilizado como sustituto de la pimienta rosada (con moderación y precaución)	- Trastornos digestivos leves - Infecciones del tracto urinario - Parásitos intestinales - Dolor menstrual	- Infusión digestiva - Enjuague bucal o gárgaras para dolor dental - Baños de asiento para infecciones urinarias - Aplicación externa para inflamación o dolor muscular
Hojas	Agua medicinal (para uso externo)	- Dolor muscular - Problemas respiratorios - Desinfectante natural (para lavados externos) - Artritis y artrosis	- Infusión para uso externo - Baños relajantes o para reumatismo - Inhalación de vapor para resfriados
Tallo	Infusión para aliviar dolor estomacal, fiebre, resfriados, cólicos o para depurar la sangre	- Trastornos estomacales - Fiebre y afecciones respiratorias - Dolor muscular y dental	- Decocción de tallos para lavados y baños curativos - Infusión para dolor estomacal y muscular - Enjuague bucal para dolor dental

La tabla 5 presenta los principales usos medicinales tradicionales atribuidos a *Schinus terebinthifolius*. La incorporación de esta información permitió ampliar el aprendizaje más allá de la dimensión ecológica, favoreciendo el reconocimiento del valor cultural y biocultural de la especie. A través del análisis de estos conocimientos tradicionales, los estudiantes comprendieron la relación existente entre biodiversidad, salud y patrimonio cultural, fortaleciendo una visión integral de la conservación ambiental y del uso sostenible de los recursos naturales.

Figura 1

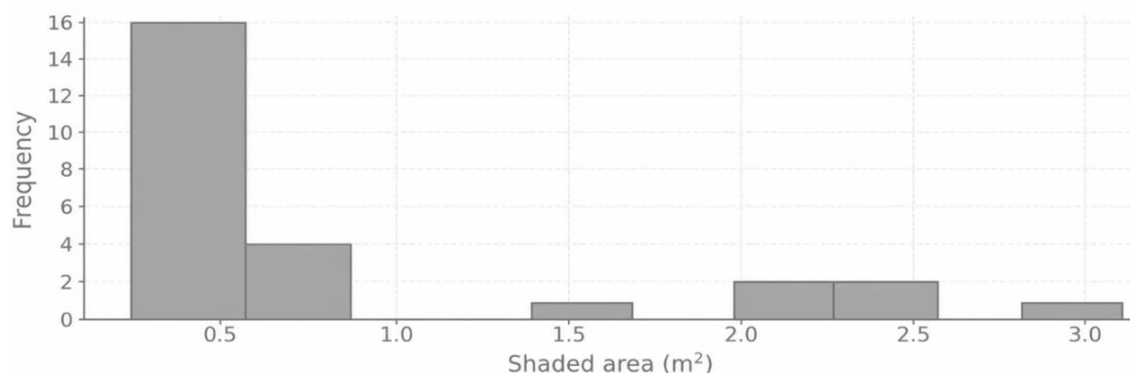
Área de sombra generada por cada planta de *Schinus terebinthifolius*



La Figura 1 muestra que el área de sombra generada por *Schinus terebinthifolius* es heterogénea entre los 26 ejemplares evaluados. La mayoría produjo sombra reducida, alrededor de 0,5 m², mientras que algunos individuos alcanzaron más de 2 a 3 m², evidenciando su potencial de expansión de copa. Esta distribución desigual indica que solo unos pocos ejemplares aportan significativamente a la cobertura del dosel, y resalta la importancia de prácticas de manejo que favorezcan el crecimiento y la estabilidad estructural de la copa en el entorno escolar.

Figura 2

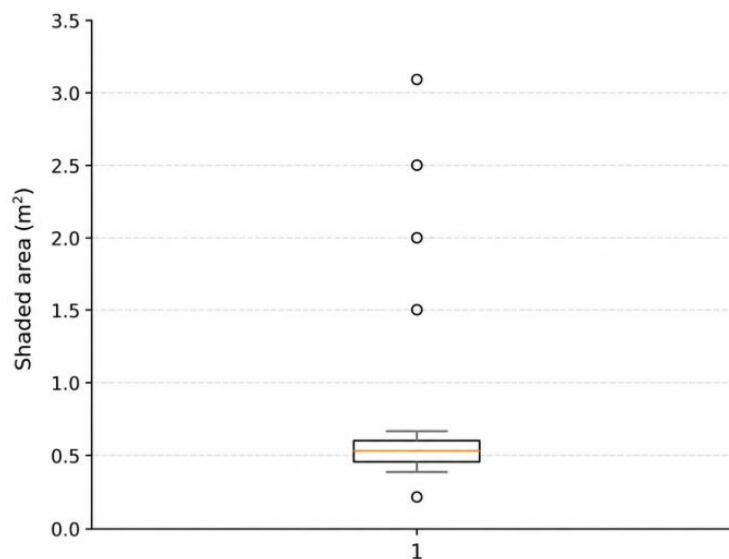
Distribución del área sombreada generada por las plantas *Schinus terebinthifolius*



La Figura 2 muestra que la generación de sombra de *Schinus terebinthifolius* está sesgada hacia áreas pequeñas, con la mayoría de los ejemplares alrededor de 0,5 m² y solo unos pocos alcanzando más de 2 m². Esto evidencia que la cobertura de copa no es homogénea y que unas pocas plantas contribuyen desproporcionadamente a la sombra total. Los resultados resaltan la necesidad de prácticas de manejo que promuevan un desarrollo más equilibrado de la copa en el entorno escolar.

Figura 3

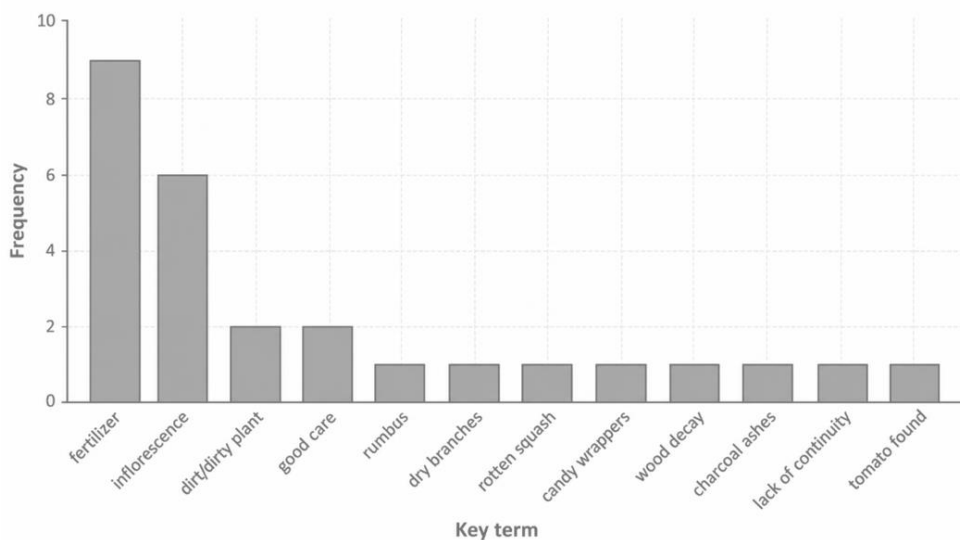
Diagrama de caja del área de sombra generada por las plantas de Schinus terebinthifolius



La figura 3 confirma un desarrollo desigual de la copa en *Schinus terebinthifolius*, la mayoría de ejemplares genera sombras reducidas entre 0,4 y 0,7 m², mientras que pocos superan 1,5 m² y alcanzan más de 3 m². Esto evidencia que algunos individuos aportan de forma desproporcionada a la capacidad total de sombreado.

Figura 4

Frecuencia de términos clave identificados en los registros observacionales de las plantas de Schinus terebinthifolius



La figura 4 evidencia que los registros se concentraron en el manejo y estado de las plantas, resaltando el fertilizante, las inflorescencias, los hongos y residuos. Estos hallazgos permitieron analizar la influencia de las prácticas humanas en el desarrollo vegetal y fortalecieron la observación, el registro y la interpretación de evidencias sobre cuidado ambiental y sostenibilidad.

Figura 5

Valla perimetral de la institución educativa cultivada con plantas de Schinus terebinthifolius (árbol de pimienta peruana)



La figura 5 muestra la implementación lineal de *Schinus terebinthifolius* en el perímetro escolar, evidenciando su adaptación a condiciones edáficas limitantes y su potencial como infraestructura verde educativa. En conjunto, los resultados morfológicos, ecológicos y etnobotánicos permitieron que los estudiantes observaran, analizaran y explicaran fenómenos ambientales reales. La variabilidad en crecimiento, sombra, biodiversidad asociada y manejo de la especie aportó evidencias concretas para comprender su comportamiento en el entorno escolar. Así, los hallazgos confirman que *Schinus terebinthifolius* puede funcionar como recurso pedagógico para fortalecer la conciencia ambiental y las competencias de indagación científica mediante experiencias contextualizadas.

Impacto de la intervención en la conciencia ambiental y las competencias de indagación científica

Los resultados muestran que el seguimiento de *Schinus terebinthifolius* fortaleció la conciencia ambiental de los estudiantes, reflejada en mejoras del conocimiento, las actitudes y las prácticas sostenibles. Este hallazgo responde al objetivo del estudio y confirma que la interacción directa con un recurso vivo del entorno escolar favorece aprendizajes ambientales más significativos que las metodologías centradas solo en la transmisión de contenidos. En esa línea, Lu (2021) sostiene que la educación ambiental adquiere mayor efectividad cuando los estudiantes participan en experiencias vinculadas con su realidad inmediata, mientras que Jabbar et al. (2022) afirman que las áreas verdes educativas cumplen una función ecológica y formativa al fortalecer el bienestar y la conexión con la naturaleza. Además, la reducción del nivel bajo y el incremento del nivel alto de conciencia ambiental se relacionan con lo señalado por Serrano-Jiménez et al. (2025), quienes evidencian que los espacios revegetados favorecen la apropiación de conductas proambientales. Desde la indagación científica, la variabilidad observada en altura, diámetro del tallo, número de ramas y área de sombra permitió formular preguntas, identificar patrones y construir explicaciones basadas en evidencia, consolidando a *Schinus terebinthifolius* como un laboratorio vivo para integrar conciencia ambiental, aprendizaje experiencial y resolución de problemas ambientales.

***Schinus terebinthifolius* como laboratorio vivo para el aprendizaje ambiental**

El uso de *Schinus terebinthifolius* como laboratorio vivo permitió convertir el espacio verde escolar en un escenario de aprendizaje ambiental situado, donde los estudiantes observaron fenómenos ecológicos reales y construyeron explicaciones a partir de evidencias. Este resultado se vincula con Cuya et al. (2024), quienes sostienen que la infraestructura verde puede articular el conocimiento científico con experiencias concretas dentro del entorno educativo. Por otro lado, la heterogeneidad morfológica observada en los ejemplares coincide con Razzak et al. (2023) y Maité-Rodríguez-Díaz et al. (2024), quienes resaltan la capacidad adaptativa de *Schinus terebinthifolius* frente a distintas condiciones ambientales. Desde esta perspectiva, las diferencias en crecimiento, manejo, presencia de hongos, residuos y organismos asociados no solo describen el comportamiento ecológico de la especie, sino que fortalecen su valor pedagógico al permitir que los estudiantes analicen la relación entre factores naturales, intervención humana y dinámica del ecosistema escolar.

Implicancias educativas, vacíos de investigación y proyección futura

Los hallazgos muestran que *Schinus terebinthifolius* posee un valor educativo que va más allá de su función ecológica, al integrarse como recurso didáctico para articular educación ambiental, indagación científica y valoración de la biodiversidad en el entorno escolar. Este resultado se relaciona con Pérez et al. (2024), quienes destacan que las plantas presentes en espacios educativos favorecen el aprendizaje ambiental desde experiencias cercanas al estudiante. Además, el papel de la infraestructura verde escolar adquiere relevancia por sus beneficios pedagógicos y ambientales, en línea con Gebreyesus et al. (2024), quienes señalan que las especies arbóreas pueden contribuir a mejorar la calidad del aire, y con Sarigu et al. (2025), quien resalta la importancia de especies resilientes para fortalecer la sostenibilidad urbana frente al cambio ambiental. No obstante, el estudio se realizó en una sola institución, bajo un diseño preexperimental y sin grupo de control, por lo que futuras investigaciones deberían incorporar diseños longitudinales, variables educativas y ecosistémicas, y comparar especies nativas en distintos contextos escolares para precisar su aporte ambiental y pedagógico.

Conclusiones

La investigación evidencia que la experiencia educativa basada en el seguimiento de *Schinus terebinthifolius* fortaleció la conciencia ambiental en estudiantes de educación secundaria, reflejada en mejoras del conocimiento, las actitudes y las prácticas ambientales, así como en el desarrollo de competencias de indagación científica mediante procesos de observación, registro, análisis e interpretación de evidencias en contextos reales.

Además, su uso como laboratorio vivo demostró que los espacios verdes escolares pueden articular educación ambiental, aprendizaje experiencial, investigación escolar y saberes bioculturales, favoreciendo una comprensión integral de la sostenibilidad.

No obstante, los resultados deben interpretarse considerando que el estudio se realizó en una sola institución educativa, con diseño preexperimental sin grupo de control, evaluación de efectos inmediatos y ausencia de seguimiento posterior o mediciones socioemocionales y comportamentales. En consecuencia, futuras investigaciones deberían incorporar diseños longitudinales, grupos de control, muestras en distintos contextos educativos y variables asociadas al comportamiento ambiental, la participación estudiantil y el pensamiento crítico, a fin de fortalecer la evidencia sobre el potencial pedagógico de los laboratorios vivos y los espacios verdes escolares en la formación de ciudadanos comprometidos con la sostenibilidad.

Referencias

- Anees, M. M., Banzhaf, E., Wang, J., & Joshi, P. K. (2023). Quality index approach for analysis of urban green infrastructure in Himalayan cities. *Land*, 12(2), 279. <https://doi.org/10.3390/land12020279>
- Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe [CAF]. (2024). *Guía de intervenciones en espacios públicos*. https://www.caf.com/media/4670212/01092024_pag-es-manual-caf_taller-guia-de-intervenciones-en-ep.pdf
- Bejarano Meza, M. E., Paz Cahuina, G. M., Vásquez Macedo, P. F., & Chanove Manrique, A. M. (2025). The first botanical garden: A technical design for a sustainable city in Arequipa, Peru. *Journal of Zoological and Botanical Gardens*, 6(1), 18. <https://doi.org/10.3390/jzbg6010018>
- Cuya, N., Estrada, P., Esenarro, D., Vega, V., Cairo, J. V., & Mancilla-Bravo, D. C. (2024). Comfort for users of the educational center applying sustainable design strategies, Carabayllo-Peru-2023. *Buildings*, 14(7), 2143. <https://doi.org/10.3390/buildings14072143>
- Dapsopoulou, M., Bellas, G., Zianis, D., Kokkinos, P., Kyriakakis, D., & Pachountis, E. (2024). Sustainable management of green waste in urban settings: A case study on energy recovery and heating solutions in the municipality of Athens (Greece). *Recycling*, 9(6), 117. <https://doi.org/10.3390/recycling9060117>
- Gebreyesus, T., Borgemeister, C., Herrero-Jáuregui, C., & Kelboro, G. (2024). Transforming urban air quality: Green infrastructure strategies for the urban centers of Ethiopia. *Environmental Pollution*, 363, 125244. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.125244>
- Hinojosa Pedraza, K., Esenarro, D., Mio Morales, L. B., & Vásquez Cerdán, W. (2021). Urban green areas to improve the quality of life in the San Juan de Miraflores district. *3C Tecnología*, número especial 7, 135–147. <https://doi.org/10.17993/3ctecno.2021.specialissue7.135-147>
- Jabbar, M., Yusoff, M. M., & Shafie, A. (2022). Assessing the role of urban green spaces for human well-being: A systematic review. *GeoJournal*, 87(5), 4405–4423. <https://doi.org/10.1007/s10708-021-10474-7>
- Larrea, V., Pelaez, F., & Esenarro, D. (2024). Design of a green corridor and the revitalization of the Huatanay River, city of Cuzco, Peru—2024. *Urban Science*, 8(4), 185. <https://doi.org/10.3390/urbansci8040185>

- León, V., Delgado, A., Herrera, N., Aguirre, K., Valverde, E., & Palacios, E. (2022). Fog capture and its potential use for irrigation and human consumption, Lima—Peru. En *Proceedings of the 8th World Congress on New Technologies* (p. 165). <https://doi.org/10.11159/icepr22.165>
- Lu, L.-R. (2021). The environmental education about preserving American wilderness: John Muir's national park discourse. *US-China Education Review B*, 11(4), 143–155. <https://doi.org/10.17265/2161-6248/2021.04.002>
- Maité-Rodríguez-Díaz, [iniciales no proporcionadas], Bravo, [iniciales no proporcionadas], Manzano-García, J., Martínez, J. L., Escobar, J., Yumrutas, O., Herrera, M., & Parada, M. (2024). Comparison of the essential oil content of *Schinus molle* from different geographical regions and their applications. En *Essential oils*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781032697598-3>
- Máthé, Á., & Bandoni, A. (2021). Medicinal and aromatic plants in the Southern Cone. En *Medicinal and aromatic plants of South America: Vol. 2. Argentina, Chile and Uruguay* (pp. 3–48). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62818-5_1
- Ministerio del Ambiente. (2023). *Anuario estadístico del sector Ambiente 2023*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/anuario-estadistico-sector-ambiente-2023>
- Ministerio del Ambiente. (2024). *Anuario estadístico del sector Ambiente 2024*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/anuario-estadistico-sector-ambiente-2024>
- Municipalidad Metropolitana de Lima. (2023). *Análisis de la situación actual de las áreas verdes y arbolado urbano*. <https://smia.munlima.gob.pe/uploads/documento/84a137f7fc9e56d6.pdf>
- Pérez Cuadra, V., Verolo, M., & Cambi, V. (2024). Plant species in recreational spaces of initial education establishments of Bahía Blanca district (Buenos Aires, Argentina): Analysis of its diversity and educational role. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 59(2), 239–255. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v59.n2.43189>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2023). *Finance for nature in cities*. <https://www.unep.org/topics/cities/cities-nature/finance-nature-cities>
- Razzak, A., Khiari, R., Moussaoui, Y., & Belgacem, N. (2023). *Schinus molle*: Current status and opportunity. En R. Khiari, M. Jawaid, & M. N. Belgacem (Eds.), *Annual plant: Sources of fibres, nanocellulose and cellulosic derivatives: Processing, properties and applications* (pp. 535–551). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-99-2473-8_18
- Reyes-Riveros, R., Altamirano, A., De la Barrera, F., Rozas-Vásquez, D., Vieli, L., & Meli, P. (2021). Linking public urban green spaces and human well-being: A systematic review. *Urban Forestry & Urban Greening*, 61, 127105. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127105>
- Ryan, J. H. (2022). *This land was saved for you and me: How Gifford Pinchot, Frederick Law Olmsted, and a band of foresters rescued America's public lands*. Simon & Schuster. <https://books.google.com.mx/books?id=un5vEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Sarigu, M., Podda, L., Calvia, G., Lallai, A., & Bacchetta, G. (2025). Floristic inventory and diversity of urban green spaces in the municipality of Assemini (Sardinia, Italy). *Plants*, 14(7), 1102. <https://doi.org/10.3390/plants14071102>
- Serrano-Jiménez, A., Marques-Valderrama, I., Jiménez-Expósito, R. A., Díaz-López, C., Barrios-Padura, Á., Molina-Huelva, M., Becerra-Villanueva, J. A., & Chacartegui, R. (2025). Schoolyard revegetation as a dual mechanism for environmental education and overhear mitigation. *Environmental Development*, 54, 101144. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2025.101144>
- Zhang, F., & Qian, H. (2024). A comprehensive review of the environmental benefits of urban green spaces. *Environmental Research*, 252(2–1), 118837. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118837>

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

1. Conceptualización: Juan Tenorio
2. Curación de datos: Liliana Villafuerte
3. Análisis formal: Lila Cordero
4. Adquisición de fondos: Zaydi López
5. Investigación: Juan Tenorio
6. Metodología: Lila Cordero
7. Dirección del proyecto: Liliana Villafuerte
8. Recursos: Lila Cordero

9. Software: Zaydi López
10. Supervisión: Juan Tenorio
11. Validación: Juan Tenorio
12. Visualización: Lila Cordero
13. Redacción - borrador original: Juan Tenorio
14. Redacción - corrección de pruebas y edición: Zaydi López

ANEXO

Nombre del instrumento: Escala de Conciencia Ambiental en Contexto Escolar (ECACE)

Valor	Categoría
1	Totalmente en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4	De acuerdo
5	Totalmente de acuerdo

DIMENSIONES E ÍTEMS

Dimensión 1: Conocimiento ambiental

1. Comprendo la importancia de las áreas verdes para mejorar la calidad del aire.
2. Reconozco la función de los árboles en la regulación del clima local.
3. Identifico la relación entre biodiversidad y equilibrio ecológico.
4. Entiendo cómo las acciones humanas afectan el crecimiento de las plantas.
5. Conozco prácticas adecuadas para el cuidado de plantas en entornos escolares.

Dimensión 2: Actitudes ambientales

6. Considero importante cuidar las áreas verdes de mi institución educativa.
7. Me preocupa el estado ambiental de mi entorno escolar.
8. Valoro la presencia de árboles y plantas en mi comunidad.
9. Creo que todos debemos participar en el cuidado del ambiente.
10. Me interesa aprender más sobre el cuidado de la naturaleza.

Dimensión 3: Prácticas ambientales

11. Participó activamente en el cuidado de plantas o áreas verdes.
12. Evito contaminar los espacios naturales de mi institución.
13. Aplico prácticas de reciclaje o reutilización de materiales.
14. Colaboro en actividades relacionadas con el cuidado del ambiente.
15. Promuevo el cuidado ambiental entre mis compañeros.