

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2026,
Volumen 10, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i2

DESARROLLO DE UN BRAZO ROBÓTICO AUTOMATIZADO: UNA ESTRATEGIA DE INTEGRACIÓN TRANSDISCIPLINAR DE LOS CAMPOS DEL CONOCIMIENTO

**DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED ROBOTIC ARM:
A TRANSDISCIPLINARY STRATEGY FOR THE
INTEGRATION OF FIELDS OF KNOWLEDGE**

Juana Yadira martín Perico
Universidad Santo Tomás, Colombia

Lady Alexandra Rodríguez Rincón
Colegio Bartolomé la Merced, Colombia

Daniel Eduardo Ávila Velandia
Universidad Católica, Colombia

Nathalia Rincón Ortega
Colegio Bartolomé la Merced, Colombia

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i2.23157

Desarrollo de un Brazo Robótico Automatizado: Una Estrategia de Integración Transdisciplinar de los Campos del Conocimiento

Juana Yadira Martín Perico¹juanamartin@usta.edu.co<http://orcid.org/0000-0001-5416-1393>Universidad Santo Tomás, sede Bogotá
Colombia**Lady Alexandra Rodríguez Rincón**liderazgo@sanbartolo.edu.co<https://orcid.org/0000-0003-0162-7748>Colegio Bartolomé la Merced
Colombia**Daniel Eduardo Ávila Velandia**deavila@ucatolica.edu.co<https://orcid.org/0000-0001-7296-3357>Universidad Católica
Colombia**Nathalia Rincón Ortega**nathalia.rincon@sanbartolo.edu.co<https://orcid.org/0000-0002-6054-9578>Colegio Bartolomé la Merced
Colombia

RESUMEN

Dada la importancia reconocer aspectos para la obtención de alimentos y técnicas que minimicen los daños ambientales que hoy sufrimos, el presente proyecto se enfocó en el diseño un brazo robótico para agricultura de precisión con el objetivo de que los jóvenes en formación interactúen con los procesos de investigación a través de la didáctica enfocada en el prototipado y aplicada a los procesos de agricultura urbana. El estudio se inscribe en los proyectos de innovación y desarrollo, con metodología mixta y enfoque educativo. Dentro de los resultados más relevantes se pueden destacar: la relación que tuvieron investigadores profesores y estudiantes con los procesos para elaborar abono natural, la preparación del suelo, el uso de biocontroladores, el diseño, construcción y desarrollo de tecnologías útiles para la agricultura urbana. Asimismo, constituyó un aporte a las didácticas relacionadas con el prototipado. Otro aspecto para destacar es el fomento de la ética del cuidado con respecto a las plantas, el alimento y la naturaleza. Además, se logró que los estudiantes reconocieran la agricultura como una práctica vinculada a la tecnología y a los principios de la agricultura de precisión, lo cual los prepara de una manera más asertiva para su incursión en los estudios superiores

Palabras clave: agricultura de precisión, integración del conocimiento, cultura de diseño, prototipado

¹ Autor principal

Correspondencia: juanamartin@usta.edu.co

Development of an Automated Robotic Arm: A Transdisciplinary Strategy for the Integration of Fields of Knowledge

ABSTRACT

Given the importance of identifying methods for food production and techniques that minimize environmental damage, this project focused on designing a robotic arm for precision agriculture to enable students in training to engage with research processes through didactic strategies centered on prototyping and applied to urban agriculture practices. The study is framed within innovation and development projects, using a mixed-methods methodology and an educational approach. Among the most relevant results, the interactions among researchers, teachers, and students in the production of natural fertilizer, soil preparation, the use of biocontrol agents, and the design, construction, and development of technologies for urban agriculture are highlighted. Likewise, the project contributed to the development of teaching practices related to prototyping. Another important aspect was the promotion of an ethics of care regarding plants, food, and nature. In addition, students recognized agriculture as a practice closely linked to technology and the principles of precision agriculture, thereby better preparing them for further education and academic development

Keywords: precision agriculture, knowledge integration, design culture, prototyping

Artículo recibido 02 febrero 2026

Aceptado para publicación: 27 marzo 2026



INTRODUCCIÓN

Actualmente, las ciudades se enfrentan a crisis crecientes en el acceso a los alimentos, caracterizadas por la escasez y los sobrecostos, los cuales afectan de manera cotidiana la economía de las familias y de la ciudadanía en general. Asimismo, se evidencia una desconexión entre el contexto urbano y los procesos agrícolas, lo que convierte a los alimentos en productos sujetos a la fluctuación del mercado, a los problemas de transporte, a la intermediación y a las crisis climáticas, entre las que se destaca el efecto invernadero. Esta situación conduce a la generación de inseguridad alimentaria en numerosos hogares, donde la prioridad de elegir alimentos nutritivos es reemplazada por la ingesta de productos que solo satisfacen el hambre, lo que limita la dieta y afecta la salud pública. En consecuencia, se evidencia que los productos básicos de la canasta familiar, en muchos casos, se han vuelto inalcanzables para las poblaciones más vulnerables (FAO, 2023).

Sumado a lo anterior, resulta evidente el desconocimiento que tienen las personas ciudadinas sobre la producción de alimentos. Por ejemplo, es común observar que niños, jóvenes y adultos poseen un conocimiento muy limitado acerca del origen de lo que consumen. Para muchos, la comida se encuentra únicamente en el supermercado o en la nevera; por ende, conceptos como la siembra, la cosecha, los ciclos de la naturaleza y el esfuerzo físico que implica la agricultura se perciben como realidades ajenas (Pérez, 2021). Esta desconexión no solo corresponde a una falla educativa, sino que perpetúa la falta de conciencia sobre el valor del alimento. Por ello, desde la escuela resulta fundamental comprender que detrás de cada fruta, verdura, hortaliza, legumbre o grano existen manos trabajadoras que enfrentan condiciones climáticas adversas, plagas, jornadas extenuantes y, con frecuencia, la ingratitud económica (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, 2022).

Ante este panorama, la escuela emerge como un espacio crucial para la transformación. La aplicación de estrategias como la integración de huertos escolares, las visitas pedagógicas al campo, el diseño y desarrollo de tecnologías aplicadas a la producción de alimentos, la promoción de sustancias biocontroladoras en lugar de insecticidas y la implementación de proyectos que conecten directamente a los estudiantes con productores locales constituye un camino prometedor para minimizar esta brecha (García, 2020).



Educación en soberanía alimentaria, nutrición, producción alimentaria tecnificada y consumo responsable posibilita el empoderamiento de las nuevas generaciones, lo que contribuye a la construcción de sistemas alimentarios sostenibles y seguros.

En atención a la anterior problemática descrita, una de las estrategias pedagógicas que se podrían llevar a cabo en las escuelas, es incentivar a los estudiantes y docentes a proponer estrategias para generar alimentos más seguros, que permitan entablar una conexión directa entre la producción de víveres y el entorno urbano. Para ello se propone la articulación del enfoque STEAM (por sus siglas en inglés, *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*), que emerge como una estrategia metodológica fundamental para abordar problemas urbanos complejos, como la inseguridad alimentaria y el sobreprecio de los alimentos. La integración holística de diferentes disciplinas desde esta perspectiva permite a los estudiantes no solo comprender el origen de las problemáticas, sino también que propongan ideas innovadoras y soluciones prácticas.

A través de la aplicación de la tecnología y la ingeniería, se pueden desarrollar proyectos de automatización, de promoción de biocontroladores, del uso eficiente de técnicas que potencian el suelo de forma natural o con residuos, entre otros (Gras & Alí, 2024). De esta manera, la educación STEAM no solo forma mentes críticas y creativas, sino que las empodera para transformar sus entornos inmediatos, cultivando resiliencia y sostenibilidad en las grandes ciudades, lo cual aporta al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible ODS, como hambre cero, educación de calidad, industria, innovación e infraestructura, producción y consumo responsables, acción por el clima y salud y bienestar (Medina, 2024).

Los anteriores aspectos resaltan la importancia de proponer proyectos relacionados con la agricultura urbana, que permitan capacitar a las personas de la ciudad en el cultivo, la manutención, el cuidado y la producción de alimentos, que en contextos educativos, además de ser una estrategia pedagógica, también puede centrar a los estudiantes e investigadores en las problemáticas de la salud alimentaria y en la necesidad de proponer soluciones tecnológicas, como por ejemplo, prototipos en virtud de minimizar los problemas ambientales ya existentes y proyectar soluciones a futuro.

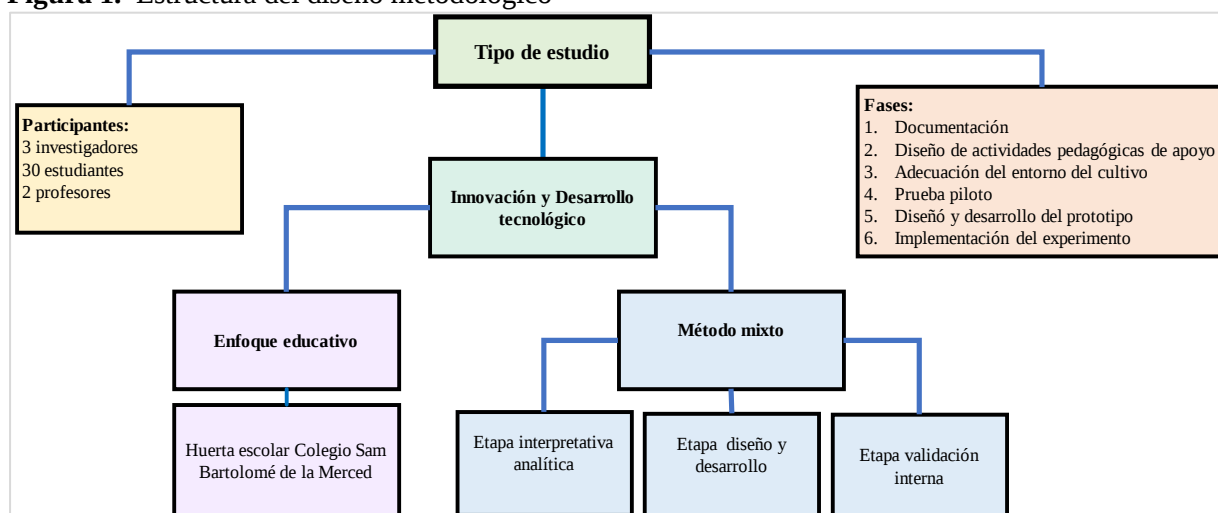


METODOLOGÍA

El presente estudio correspondió a un proyecto de innovación y desarrollo tecnológico (Minciencias, 2019), con enfoque de investigación formativa, centrado en la construcción de un prototipo de agricultura de precisión. Este permitió monitorear en tiempo real variables de los cultivos, como pH, humedad y temperatura, así como implementar técnicas orientadas a optimizar los procesos de sustrato, siembra, biocontrol de plagas y producción de cultivos en huertas escolares. El proyecto contó con la participación de investigadores (2), docentes (2), el coordinador del Programa de Educación Ambiental (PRAE) y estudiantes pertenecientes al grupo institucional de Medio Ambiente (16).

El método empleado fue mixto y se estructuró en tres etapas: una fase interpretativa-analítica, una fase de diseño y desarrollo y una fase de validación interna, tal como se presenta en la figura 1.

Figura 1. Estructura del diseño metodológico



En la ejecución, para hacer efectivo el plan metodológico, se llevaron a cabo las siguientes fases:

- 1) **Documentación y desarrollo de instrumentos:** se estableció la recolección sistemática de referentes conceptuales que permitió crear tanto la estrategia didáctica como el diseño y desarrollo del prototipo. También se diseñaron los instrumentos de recolección de datos que fueron revisados y aprobados por el comité de ética de la investigación CEBIC, de la Universidad Santo Tomás.
- 2) **Diseño de actividades pedagógicas de apoyo:** se diseñaron actividades pedagógicas de apoyo orientadas a fortalecer la participación de los estudiantes, bajo la guía de docentes e investigadores, las cuales incluyeron: a) la intervención en el proceso de elaboración de la composta; b) la colaboración en el ajuste del suelo y de las materas utilizadas como grupos experimental y de

control; c) la interacción con el brazo robótico en un ambiente controlado (laboratorio); d) la medición inicial de la longitud del tallo y de la raíz, así como del número de hojas de las plántulas y del proceso de siembra de las hortalizas; e) el seguimiento manual de la longitud del tallo y del número de hojas; f) la organización semanal de los datos obtenidos en los experimentos, tanto de forma manual como mediante su registro en hojas de cálculo de Excel, además de la toma de datos con el instrumento de estudio del suelo; g) las visitas periódicas al cultivo para el riego y la revisión de plagas, follaje y otras características; y h) la explicación, por parte de los investigadores, del diseño del prototipo, los materiales empleados, los procesos de automatización, la toma de datos y su procesamiento. Todas estas actividades se desarrollaron en coherencia con los planes de curso y las estrategias STEAM, bajo la supervisión de la coordinación del área de Liderazgo Ignaciano.

- 3) **Adecuación del entorno de cultivo:** de acuerdo con el protocolo establecido en el colegio, se llevó a cabo el proceso de obtención de composta, la cual se produjo a partir de los residuos orgánicos generados en el restaurante escolar, tales como restos de frutas y verduras, cáscaras y sobrantes de alimentos. Estos residuos fueron debidamente separados y etiquetados, y posteriormente depositados en la compostera (ver Figura 2a), donde se mezclaron con materiales ricos en carbono, como hojas secas, aserrín o cartón, con el fin de equilibrar la relación carbono-nitrógeno y favorecer la actividad microbiana (ver Figura 2b). Durante el proceso, la mezcla se mantuvo con una humedad relativa entre el 50 % y el 60 %, y fue aireada periódicamente mediante la palanca del equipo para evitar la compactación. En la fase termofílica, la temperatura interna alcanzó valores entre 55 °C y 65 °C, lo que permitió la descomposición acelerada del material biológico y la eliminación de patógenos. Posteriormente, la mezcla entró en una etapa de enfriamiento y maduración, en la cual la temperatura descendió progresivamente hasta estabilizarse en valores ambientales, que para la ciudad de Bogotá oscilaron entre 13 °C y 15 °C, y en casos atípicos alcanzaron hasta 23 °C. En este punto, el proceso se dio por finalizado y el abono quedó listo para su uso (ver Figura 2c).



Figura 2 Proceso de obtención de la composta



Nota: a. Separación de los residuos del restaurante escolar, b. Introducción del material a compostar, c. Obtención de la composta como abono natural.

4) **Prueba piloto:** Los estudiantes, bajo la dirección de docentes e investigadores, realizaron jornadas de trabajo en el entorno de la huerta que permitieron llevar a cabo procesos de labranza manual orientados a la oxigenación del suelo, la eliminación de maleza, el ajuste de los sistemas de riego y la preparación de los sustratos, mediante la mezcla de tierra negra y composta, como insumo para los procesos de experimentación del proyecto. Adicionalmente, participaron en talleres de entrenamiento para la toma de datos en organismos vivos, específicamente plantas, tal como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. La acción de los estudiantes con el proceso de adecuación del cultivo y entrenamiento en toma de datos.



Nota: a. estudiantes acondicionando las materias de experimentación, b. discentes organizando la composta, c. taller de toma de datos en plantas.

Continuando con la prueba piloto, la materia experimental fue acondicionada con un sustrato compuesto por tierra, composta e hidrogel, mientras que la materia control se adecuó con una mezcla de tierra y composta. Posteriormente, ambos sustratos fueron hidratados y se procedió a la medición inicial de nueve sujetos por cada grupo, registrando la longitud del tallo, la longitud de la raíz y el número de hojas. Estos datos fueron consignados en un archivo de Excel correspondiente a los instrumentos diseñados.

A continuación, se realizó la siembra de cada plántula de acelga de colores (*Beta vulgaris* var. *Cicla*), las cuales fueron etiquetadas mediante rotuladores elaborados con palos de pincho y tapas de gaseosa recicladas. La identificación se realizó con numeración del 1 al 9 y diferenciación por colores, siendo verde para el grupo experimental y azul para el grupo control. Para asegurar la supervivencia de las plantas, se efectuó el riego cada tres días.

Adicionalmente, los días martes se registraron la longitud del tallo y el número de hojas, así como los valores de pH, temperatura y humedad del suelo, utilizando el equipo *Smart Soil Survey Instrument 4 in 1* (ver Figura 4). La información fue registrada de forma manual en un archivo de Excel. Posteriormente, estos datos fueron comparados con los reportados en la revisión teórica, con el fin de establecer parámetros reales de crecimiento y realizar la calibración posterior de los sensores en el proceso de automatización.

Figura 4. Prueba piloto con acelga de colores y diferentes sustratos

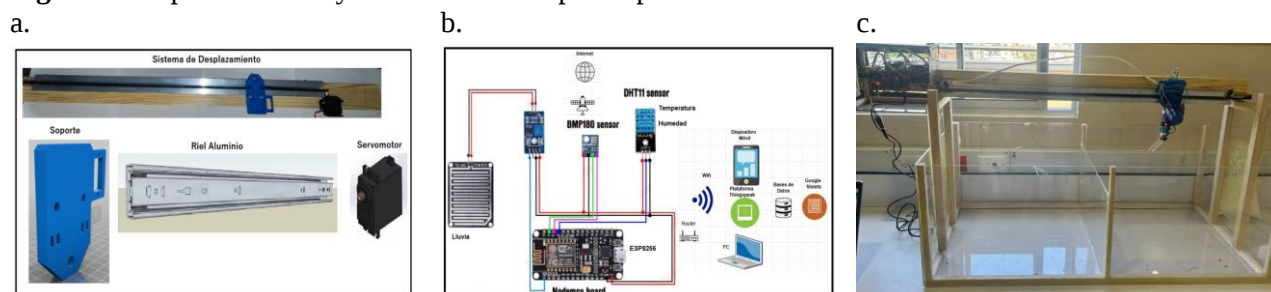


Nota: a. adecuación del suelo y medidas iniciales de las plántulas, b. grupo experimental rotulado con verde, grupo control rotulado con azul, cada sujeto se diferenció por los números de 1 a 9. c. el crecimiento de los grupos.

5) **Diseño y desarrollo del prototipo:** Paralelo a la preparación de las materas, se inició el diseño del prototipo, el cual constó de diferentes etapas: 1) una fase orientada al esbozo en papel, el estudio de materiales y la simulación en software especializado, con el fin de identificar las capacidades del sistema y verificar el cumplimiento de los requerimientos físicos y técnicos del experimento; y 2) una etapa de construcción del prototipo, en la que se establecieron medidas, longitudes, agarres y desplazamientos, entre otros aspectos. El dispositivo consistió en un sistema de desplazamiento

fabricado en aluminio, dispuesto sobre un soporte de madera, al cual se sujetó un riel con una correa, dos poleas y un servomotor. El movimiento iniciaba y finalizaba mediante dos finales de carrera, lo que permitió configurar un sistema de desplazamiento horizontal para un brazo impreso en 3D (ver Figura 3a). En el extremo del brazo se acoplaron sensores de humedad, temperatura y pH, los cuales fueron conectados a una tarjeta Arduino ESP8266 con conexión wifi (ver Figura 3b). Para la realización de pruebas en un ambiente controlado, se construyó una materia a partir de acrílico reciclado y balsa, la cual constó de dos compartimentos destinados a la comparación de sustratos, de manera similar a lo realizado en la prueba piloto (ver Figura 3c).

Figura 3. Etapas de diseño y construcción del prototipo



Nota: a. prediseño del brazo, b. sensores, actuadores, tarjeta y sistema, c. materas y disposición del brazo para experimento.

6) **Implementación del experimento, datos e iteración:** se realizó una primera prueba en ambiente controlado en el laboratorio, haciendo uso de la materia de acrílico. En esta fase se llevó a cabo la siembra de nueve sujetos experimentales y nueve sujetos control, y se registraron las variables de pH, temperatura y humedad del suelo a través de los sensores, los cuales operaron mediante el desplazamiento horizontal y vertical del brazo. Los datos, tomados con una frecuencia de una hora, fueron enviados a través de la tarjeta wifi del sistema a la plataforma ThingSpeak, una estructura digital en línea que permite recopilar, almacenar y visualizar información proveniente de sensores conectados a internet, y posteriormente fueron almacenados en un correo electrónico diseñado para el proyecto. Esta segunda prueba permitió ajustar el prototipo a los valores específicos requeridos para el cultivo en la ciudad de Bogotá, de acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba piloto. Posteriormente, se realizaron dos repeticiones del experimento en la huerta escolar, utilizando el brazo automatizado y adecuándolo a las materas. La información recolectada en estas fases también fue enviada al centro de recepción de datos previamente mencionado.

Figura 5. Implementación del experimento

a.



b.



Nota: a. experimentación en materia controlada (laboratorio de pruebas). b. Experimentación en dos repeticiones en huerta escolar del colegio, en ambiente natural.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los hallazgos resultantes de esta investigación se organizaron destacando, en primer lugar, la contribución académica del estudio; posteriormente, los elementos que permitieron el desarrollo del prototipo; a continuación, los datos obtenidos en los experimentos; y, finalmente, las implicaciones del proyecto en los procesos de innovación, como se presenta a continuación.

Dentro de las estrategias didácticas planteadas para el desarrollo del proyecto se incluyó la revisión bibliográfica relacionada con la agricultura urbana, la seguridad alimentaria y los conceptos de automatización y producción agrícola de precisión. Esto permitió que los estudiantes profundizaran en los procesos de biología vegetal, ecología y biodiversidad, así como ampliar sus conocimientos sobre la obtención de insumos, la siembra con diferentes sustratos, la manutención de hortalizas, la cosecha de alimentos bajo distintas condiciones nutricionales y el destino final de los vegetales producidos en la huerta. Como resultado, se promovió la conciencia ambiental y se generaron espacios de exploración y observación de cambios en las plantas, lo que condujo a la formulación de hipótesis relacionadas con el crecimiento, la toma de datos, la experimentación y la contrastación con la teoría. Este proceso favoreció el desarrollo de competencias científicas vinculadas con la observación, el planteamiento de preguntas, la experimentación y la reflexión crítica (Cañón et al., 2025).

Los procesos desarrollados llevaron a los estudiantes a fortalecer el trabajo colaborativo, la autonomía y la responsabilidad ambiental, así como a comprender prácticas sostenibles relacionadas con el manejo de los residuos orgánicos y el uso del suelo. De igual manera, se incentivaron el cuidado del entorno, la adopción de hábitos saludables de alimentación y el conocimiento de prácticas de seguridad alimentaria,

los cuales fueron socializados tanto en sus hogares como en los proyectos de aula desarrollados al interior de la institución.

En relación con la elaboración de la composta dentro del colegio, esta estrategia resultó significativa en términos formativos y ambientales, dado que permitió el desarrollo de aprendizajes activos mediante la indagación y la experimentación directa. Este proceso fortaleció la comprensión de fenómenos biológicos asociados a la descomposición de la materia orgánica, el ciclo de los nutrientes y el cuidado del suelo, además de promover en los estudiantes competencias científicas vinculadas con el análisis, la inferencia, la toma de datos y el pensamiento crítico. Asimismo, favoreció la formación ética en valores ambientales, a partir de la concientización sobre la contaminación, la comprensión del manejo adecuado de los residuos y la importancia de promover la sostenibilidad (García et al., 2023).

En este sentido, la gestión de este abono natural se comprendió como un proceso orientado a reducir la cantidad de desechos orgánicos que habitualmente son llevados a rellenos sanitarios, lo que contribuye a disminuir la emisión de gases contaminantes, promover el reciclaje de nutrientes y favorecer la obtención de abono natural para mejorar la fertilidad del suelo en huertas escolares. Estos aprendizajes pueden ser transferidos a otros entornos, como los hogares y los barrios, constituyéndose en un esfuerzo por incentivar la cultura ecológica dentro de la comunidad educativa.

En cuanto al diseño y desarrollo del prototipo, el brazo robótico permitió el monitoreo de variables climáticas mediante el uso de tecnologías IoT, facilitando la recolección, transmisión y visualización en tiempo real de datos ambientales, tales como temperatura, humedad, presión atmosférica y niveles de lluvia. Este proceso se realizó a través de sensores conectados a un módulo NodeMCU (ESP8266) y su integración con la plataforma en línea ThingSpeak, lo que posibilitó la monitorización remota de dichas variables (Parra, 2022).

Otro aspecto relevante se relaciona con la incorporación del prototipado como un recurso para la creación de escenarios académicos más allá del aula tradicional, habilitando espacios como laboratorios, huertas escolares, talleres tecnológicos y zonas de experimentación. Esta diversificación de ambientes fomenta la motivación estudiantil y fortalece el aprendizaje activo, tal como lo evidencian estudios sobre prácticas STEM en contextos reales, en los que se reporta un incremento significativo en la participación estudiantil al trabajar en entornos distintos al aula convencional.



En cuanto al fomento de la cultura del prototipado, se pudo establecer que esta fortalece en los estudiantes habilidades fundamentales del enfoque STEAM, tales como el pensamiento de diseño, la creatividad, la innovación y la indagación sistemática. Lo anterior es consistente con diversos estudios que han demostrado que la integración de prácticas de prototipado incrementa entre un 25 % y un 40 % la capacidad de resolución de problemas y el pensamiento creativo en contextos escolares, al favorecer ciclos cortos de prueba, error y mejora (Hernández & Morales, 2018; Kijima et al., 2021).

Asimismo, este tipo de experiencias promueve la integración del conocimiento al articular conceptos de ciencias, tecnología y matemáticas con habilidades propias de la ingeniería y el diseño. Esto favorece la construcción de aprendizajes más significativos y situados, lo que, según evaluaciones realizadas en proyectos STEAM escolares, puede aumentar hasta en un 30 % la comprensión de conceptos cuando estos se vinculan con actividades prácticas y de experimentación (Yakman & Lee, 2012).

En relación con la prueba piloto realizada *in situ* en la huerta escolar, se observó la aparición de la viruela de la acelga, la cual fue detectada mediante observación experta y contrastada con el software Plantix, una aplicación móvil que emplea inteligencia artificial y análisis de imágenes para el diagnóstico de patologías en plantas. Por orientación de un fitopatólogo consultado, la enfermedad fue controlada mediante la aplicación de una solución de ajo suspendido en 1 L de agua durante una semana, lo que permitió detener su propagación. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que evidencian el potencial del extracto de ajo (*Allium sativum*) como agente antimicrobiano y biológico para el control de patógenos en plantas (Cupertino et al., 2025). A partir de este aprendizaje, se preparó el suelo de las materas utilizadas en los experimentos posteriores.

Los resultados del experimento, promediados a partir de las tres repeticiones, evidencian diferencias significativas entre los grupos, como se presenta en la Tabla 1. En el grupo experimental, la longitud del tallo fue superior en un 16,1 % respecto al grupo control, mientras que el número de hojas presentó un incremento del 17,3 %. Estos resultados pueden explicarse, según la literatura, debido a que la composta adicionada con hidrogel mejora la fertilidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes; además, el polímero contribuye a mantener la humedad y a reducir el estrés hídrico de las plantas. En cuanto a la supervivencia de los sujetos de estudio, esta fue superior en el grupo experimental, con valores que oscilaron entre un 15 % y un 30 %, lo cual se atribuye a que el hidrogel favorece la retención



de humedad del suelo, mejora la absorción de nutrientes aportados por la composta y optimiza la estructura y aireación del sustrato.

Tabla 1.Datos decrecimiento detallo y número de hojas en acelga durante los experimentos

Tratamiento	Longitud tallo/pecíolo (cm)- medida $\pm$ SD	Número de hojas por planta
Tierra+composta	33.5 $\pm$ 4.0	8.1 $\pm$ 1.2
tierra+ composta+ hidrogel	38.9 $\pm$ 4.3	9.5 $\pm$ 1.3

Nota: datos experimentales de la siembra de acelga para 3 repeticiones en ambiente natural, huerta escolar.

Los resultados de los ensayos también permitieron determinar que, bajo las condiciones de la ciudad de Bogotá, en los cultivos urbanos las temperaturas ambientales oscilan entre 15 y 20 °C durante el día y entre 8 y 12 °C durante la noche. El suelo, por su parte, mantiene temperaturas aproximadas entre 14 y 18 °C, con una humedad ambiental que varía entre el 60 % y el 70 %. El pH del suelo osciló entre 6,0 y 6,7, valores que se encuentran dentro de los parámetros ideales de crecimiento para este tipo de hortaliza, según los estudios revisados.

CONCLUSIONES

Incentivar procesos pedagógicos que acerquen a los estudiantes a la agricultura urbana resulta relevante, ya que favorece la comprensión de la producción de alimentos y la nutrición, lo que contribuye a la promoción de la salud y la seguridad alimentaria, al aprovechamiento sostenible de los espacios urbanos y al fortalecimiento de la educación ambiental en las comunidades. Asimismo, estos procesos fortalecen la autonomía alimentaria al permitir que las personas adquieran las capacidades necesarias para producir sus propios alimentos frescos, lo que puede reducir la huella ecológica al disminuir el transporte de productos y fomentar la cohesión social mediante proyectos comunitarios que conectan a los habitantes con prácticas más saludables y responsables con el entorno.

La integración de docentes universitarios con profesores de instituciones de educación media para el desarrollo de proyectos de investigación permite establecer alianzas estratégicas orientadas al intercambio de saberes y experiencias, así como a la consolidación de redes académicas de apoyo. De igual manera, la vinculación de estudiantes a través de la estrategia de investigación formativa fortalece el currículo, estrecha los vínculos entre docentes y estudiantes y afianza los conocimientos científicos y técnicos, preparando a los estudiantes para su incursión en la educación superior de una manera más acertada y efectiva.



En lo que respecta a la promoción de la cultura del prototipado, la experiencia evidenció que esta fortalece los procesos de integración del conocimiento, al articular saberes provenientes de la ciencia, la tecnología, la ingeniería, el arte y las matemáticas, así como de otras áreas del conocimiento, para la resolución de problemáticas contextuales de forma tangible. Además, potencia los saberes prácticos y creativos, permitiendo que las ideas se transformen en soluciones reales, y fomenta habilidades como la innovación, la experimentación y la toma de decisiones informadas. De este modo, se favorecen el pensamiento de diseño y la indagación, promoviendo aprendizajes significativos en los que el error, la iteración y la exploración se constituyen en oportunidades para comprender mejor los fenómenos y mejorar las propuestas.

Finalmente, el experimento permitió concluir que las diferencias observadas en el crecimiento de las plantas y en el desarrollo del follaje dependen de diversas variables, entre las que se encuentran el tipo y la dosis de composta utilizada, el hidrogel empleado para el cultivo, la textura del suelo, las condiciones de riego y las características climáticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Cañón-Vargas, A. M., Melo-Mora, S. P., & Sosa, E. (2025). School gardens as a research setting for early childhood children to strengthen their environmental awareness and scientific skills. *Discover Education*, 4, Article 320. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00785-z>
- Cupertino, M. do C., Cardoso-Nascimento, S. A., Fortini-Duarte, R. N., Barbosa-Castro, A. S., & Siqueira-Batista, R. (2025). Updates on the antimicrobial properties of garlic (*Allium sativum*) biomolecules in the treatment of human infectious diseases. *Brazilian Journal of Health and Biomedical Sciences*, 24(1). <https://doi.org/10.12957/bjhbs.2025.93428>
- García, L. F. (2020). La huerta escolar como herramienta pedagógica para la soberanía alimentaria. *Experiencias Pedagógicas*, 15(1), 102-115.
- García-Pérez, M. G., González-D., D., & Martínez-L., C. (2023). Implementing Community Composting in Primary Schools: First Experiences at Universitat Autònoma de Barcelona, Spain. *Proceedings of the 2nd International Electronic Conference on Processes: Process Engineering — Current State and Future Trends*, 37(1), 37. <https://doi.org/10.3390/ECP2023-14730>



- Gras, M. (coord) y Alí, C. (2024). Educación STEM y su aplicación. Una estrategia inclusiva, sostenible y universal para preescolar y primaria. Movimiento STEM. <https://educacion.stem.siemens-stiftung.org/wp-content/uploads/2024/10/Educacion-STEM-y-su-aplicacion.pdf>
- Hernández-Cobo, J., & Morales, S. (2018). Cultura maker y educación: Principios, experiencias y desafíos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 76, 9–24.
- Kijima, R., Yang, Y., & Helander, M. (2021). Prototyping as a learning strategy in engineering education: A design-based approach. *International Journal of Engineering Education*, 37(1), 215–227.
- Medina-Hernández, E. J. (2024). Desafíos de salud y bienestar en el mundo según indicadores ODS. *Ciência & Saúde Coletiva*, 29, e15782022.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. (2022). Informe de gestión institucional vigencia 2022. https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/Informes%20de%20Gesti%C3%B3n%20Institucional/2022/INFORME_DE_GESTION_INSTITUCIONAL_VIGENCIA_2022.pdf
- García, L. F. (2020). La huerta escolar como herramienta pedagógica para la soberanía alimentaria. *Experiencias Pedagógicas*, 15(1), 102-115.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2023. FAO.
- Parra, L. (2022). Remote Sensing and GIS in Environmental Monitoring. *Applied Sciences*, 12(16), 8045. <https://doi.org/10.3390/app12168045>
- Pérez, M. E. (2021). Desconexión urbana y la percepción infantil del origen alimentario. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 3(2), 45-60.
- Yakman, G. y Lee, H. (2012). Explorando la educación STEAM ejemplar en EE. UU. como marco educativo práctico para Corea. *Revista de la Asociación Coreana para la Educación en Ciencias*, 32 (6), 1072-1086.

