



Fotografía
Viviana Consuelo Vargas Valbuena

HUERTA VERTICAL AUTOMATIZADA: AMBIENTE DE APRENDIZAJE PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES CIENTÍFICAS EN EL MARCO DE LA EXPRESIÓN GENÉTICA

Automated Vertical Vegetable Garden: Learning Environment for the Development of Scientific Skills in the Framework of Gene Expression

Horta vertical automatizada: ambiente de aprendizagem para o desenvolvimento de competências científicas no âmbito da expressão genética

Juan David Pinzón-Achury¹ 
Martha Alix Novoa-Galeano² 

Fecha de recepción: 11 de octubre de 2024
Fecha de aceptación: 15 de junio de 2025

Cómo citar

Pinzón-Achury, J. D. y Novoa-Galeano, M. A. (2025). Huerta vertical automatizada: ambiente de aprendizaje para el desarrollo de habilidades científicas en el marco de la expresión genética. *Bio-grafía*, 18(35), e22229. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.18.num35-22229>

Resumen

La realidad de la educación actual exige estrategias diferentes al aula o al laboratorio, con el ánimo de favorecer el aprendizaje. Desde allí surge el interés del estudio realizado en la ciudad de Bogotá, en una institución educativa privada, aplicado a estudiantes de grado octavo y cuyo objetivo es evaluar la incidencia de la implementación de la huerta vertical automatizada (HVA), como ambiente de aprendizaje, en el desarrollo de habilidades científicas desde el concepto de expresión genética. El enfoque es cualitativo y la metodología se articula con los objetivos partiendo del diseño, construcción y programación de la huerta, representando innovación

1 Magíster en Educación, Universidad de Cundinamarca. juandpinzon@ucundinamarca.edu.co

2 Magíster en Docencia de la Química. Docente e investigadora, Universidad Libre, Universidad Pedagógica Nacional y Universidad de Cundinamarca. manovoag@pedagogica.edu.co

al involucrar el componente de automatización. Posteriormente, se elabora una unidad didáctica aplicada al concepto de expresión genética, como guía para los estudiantes sobre las actividades y, finalmente, se evalúan mediante rúbricas las habilidades científicas desarrolladas con un componente de metacognición. A partir de los resultados se resalta el diseño de la HVA con SketchUp, su construcción con materiales reciclados y componentes electrónicos como Arduino, el uso de sensores de temperatura, humedad y de un sistema de riego automático. Esta estrategia evidencia su influencia positiva en el desarrollo de las habilidades de observación, medición, interpretación de datos, control de variables, formulación de hipótesis y comunicación ya que el 90% de estudiantes logró alcanzar el mayor nivel. Por último, se concluye la importancia del complemento entre la HVA y la unidad didáctica para fomentar el desarrollo de habilidades científicas, integrando la tecnología y el concepto de expresión genética.

Palabras clave: ambientes de aprendizaje; expresión genética; habilidades científicas; huerta vertical automatizada (HVA); unidad didáctica

Abstract

The reality of current education demands different strategies beyond the classroom or laboratory, aiming to promote learning. From this perspective arises the interest in a study conducted in the city of Bogotá, at a private educational institution, applied to eighth-grade students, with the objective of evaluating the impact of implementing an automated vertical garden (AVG) as a learning environment in the development of scientific skills through the concept of gene expression. The approach is qualitative, and the methodology aligns with the objectives, starting from the design, construction, and programming of the garden, representing innovation by incorporating the automation component. A didactic unit is then developed, applied to the concept of gene expression, serving as a guide for students on the activities, and it is finally evaluated through rubrics to assess the scientific skills developed, with a metacognitive component. The results highlight the design of the AVG using SketchUp, its construction with recycled materials and electronic components such as Arduino, and the use of temperature and humidity sensors along with an automatic irrigation system. This strategy demonstrates its positive influence on the development of observation, measurement, data interpretation, variable control, hypothesis formulation, and communication skills, as 90% of students achieved the highest level. Lastly, the study concludes by emphasizing the importance of complementing the AVG with the didactic unit to foster the development of scientific skills, integrating technology and the concept of gene expression.

Keywords: automated vertical garden (AVG); didactic unit; gene expression; learning environments; scientific skills

Resumo

A realidade da educação atual exige estratégias diferentes da sala de aula ou do laboratório, com o objetivo de favorecer a aprendizagem. Daí surge o interesse do estudo realizado na cidade de Bogotá, numa instituição de ensino privada, aplicado a alunos do oitavo ano e cujo objetivo é avaliar o impacto da implementação da horta vertical automatizada (HVA), como ambiente de aprendizagem, no desenvolvimento de competências científicas a partir do conceito de expressão genética. A abordagem é qualitativa e a metodologia articula-se com os objetivos a partir da concepção, construção e programação da horta, representando inovação ao envolver a componente de automatização. Posteriormente, é elaborada uma unidade didática aplicada ao conceito de expressão genética como guia para os alunos nas atividades e, finalmente, as competências científicas desenvolvidas são avaliadas através de rúbricas com uma componente de metacognição. Os resultados destacam o desenho do HVA com SketchUp, a sua construção com materiais reciclados e componentes eletrônicos como o Arduino, a utilização de sensores de temperatura e humidade e um sistema de rega automática. Esta estratégia mostra a sua influência positiva no desenvolvimento de competências de observação, medição, interpretação de dados, controle de variáveis, formulação de hipóteses e comunicação, considerando que 90% dos estudantes conseguiram atingir o nível mais alto. Finalmente, conclui-se a importância do complemento entre a HVA e a unidade didática para fomentar o desenvolvimento de competências científicas, integrando a tecnologia e o conceito de expressão genética.

Palavras-chave: ambientes de aprendizagem; competências científicas; expressão genética; horta vertical automatizada; unidade didática



Introducción

En un mundo en constante evolución, innovar en la educación se hace necesario para brindar a los estudiantes formas diferentes de aprender para que puedan enfrentar los desafíos contemporáneos. El desarrollo de habilidades científicas va más allá de la mera adquisición de conocimientos teóricos ya que implica una inmersión en la medición, interpretación de datos, control de variables, formulación de hipótesis y comunicación de los resultados, que son las habilidades científicas abordadas por el presente estudio. La necesidad de investigar sobre este tema surge de evidenciar la ausencia de un espacio diferente al aula dentro de la institución, en donde los estudiantes pudieran experimentar con base en los conceptos teóricos de genética, por lo que se identifica la HVA como una estrategia interesante que representa un ambiente de aprendizaje enriquecedor que desafía a los estudiantes a explorar, experimentar y comprender los conceptos de biología en acción.

Una de las grandes dificultades a las que se enfrenta la escuela es que emplea unos espacios físicos de aprendizaje conocidos como aulas o salones de clase, en donde con frecuencia los estudiantes suelen tener largas y agotadoras jornadas de estudio, en especial en aquellas ocasiones en las que deben abordar aspectos relacionados con la ciencia, lo que finalmente podría influir negativamente en su proceso de aprendizaje, pues la parte práctica es fundamental para poder entender mejor los conceptos; por lo que los maestros pueden considerar el uso de estrategias como estudios de caso y proyectos como una forma de evaluar y mejorar las habilidades científicas de los estudiantes (Del Rosario y Chua, 2023).

Por lo anterior, y en el marco de las realidades de la educación para los docentes de ciencias naturales, se requiere el uso oportuno de estrategias diversas para facilitar el aprendizaje y poder acercar a los estudiantes a la investigación. Un ejemplo de dichas estrategias son las huertas escolares, que han sido empleadas para crear alternativas didácticas que permiten entregarles a los educandos rutas y herramientas que puedan aplicar a cualquier contexto, así como promover el cuidado y el respeto por la naturaleza (Castañeda, 2020). Según Vera (2015), las huertas son innovadoras, porque permiten el desarrollo de habilidades que se apartan de lo tradicional, del ejercicio de memorización, brindando la oportunidad a los estudiantes de ser protagonistas de su aprendizaje y contextualizarlo, resolviendo situaciones de su cotidianidad para transformarse en agentes de cambio en el aula (Silva, 2018).

En este mismo sentido Palacios *et al.* (2016) señalan que la huerta escolar es una gran herramienta que se potencia cuando se involucran otras áreas, como por ejemplo las TICs, ya que posibilita el desarrollo de capacidades científicas y ciudadanas, motiva la explicación de fenómenos, la indagación, el análisis, promueve el trabajo en equipo, el reconocimiento de otros seres vivos del entorno y de la diversidad, dando pie a grandes experiencias que llevan a cambios conceptuales. Adicionalmente, se identifica a los estudiantes como individuos críticos y reflexivos que, a partir de la experiencia con la huerta adquieren conocimientos y desarrollan un sentido de pertenencia hacia su territorio (Santana y Durango, 2018). La estrategia de la huerta vertical se ha empleado también para fomentar hábitos de vida saludable promoviendo la participación mediante la construcción colectiva y la vinculación a la planeación curricular desde el contexto (Cleves *et al.*, 2023).

Desde el marco anterior, se plantea como objetivo evaluar la incidencia de la implementación de la huerta vertical automatizada en el desarrollo de habilidades científicas bajo el concepto de expresión genética, el cual se alcanza mediante el diseño y la construcción de la herramienta, la implementación de una unidad didáctica aplicada al concepto de expresión genética que sirva como guía en su utilización, y finalmente, el análisis del desarrollo de las habilidades científicas usando rúbricas de evaluación por cada habilidad estudiada. Los aportes han sido relevantes pues se ha involucrado un componente de metacognición.

Referente conceptual

Como marco referencial que incide en la obtención de datos y análisis de las habilidades científicas desarrolladas por los estudiantes con la HVA, se tienen aportes desde los conceptos que se sintetizan a continuación.

Para comprender el enfoque educativo de esta propuesta, es fundamental adentrarse en diversos conceptos clave que sustentan tanto el proceso de enseñanza como el de aprendizaje.

En primer lugar, el constructivismo nos ofrece una perspectiva poderosa sobre cómo aprenden los estudiantes. Desde esta mirada, el aprendizaje no es una simple recepción pasiva de información, sino una construcción activa que cada individuo realiza al interactuar con su entorno: personas, objetos, plantas, animales, entre otros. Así, los estudiantes no solo adquieren conocimientos relacionados con sus intereses, sino que también desarrollan habilidades para resolver problemas reales

y comparar experiencias nuevas con las ya vividas. En este contexto, el docente deja de ser el transmisor de información para convertirse en un mediador que guía a los estudiantes hacia una comprensión más profunda de los contenidos (Cano, 2017; Bolaño, 2020).

Muy relacionado con lo anterior está el concepto de metacognición, que puede definirse como la capacidad de entender y regular los propios procesos de pensamiento. Esto implica ser consciente de los objetivos que se persiguen al aprender, elegir estrategias adecuadas para lograrlos, autoevaluar su eficacia durante el proceso y reflexionar sobre los resultados obtenidos. En otras palabras, aprender a aprender (Burón, 1996).

En esta propuesta también se fomenta el desarrollo de habilidades científicas, tanto básicas como integradas, que son fundamentales para formar un pensamiento crítico, investigativo y analítico. Las habilidades básicas —como observar, medir y comunicar— permiten una participación activa en el proceso científico. Por su parte, las habilidades integradas —como controlar variables, formular hipótesis e interpretar datos— reflejan una visión más holística, en la que distintas capacidades se interrelacionan en contextos complejos y reales (Padilla, 1990).

Todo esto ocurre dentro de un ambiente de aprendizaje que, como señalan Bravo *et al.* (2018), es mucho más que un espacio físico. Es un entorno donde se conectan la enseñanza y el aprendizaje, compuesto por dimensiones físicas, tecnológicas, sociales y pedagógicas, que deben adaptarse a las necesidades de los estudiantes. Ya sea un aula virtual, una zona rural o un laboratorio, lo importante es que favorezca la interacción y la construcción del conocimiento.

Una herramienta clave que articula todos estos elementos es la huerta vertical automatizada (HVA). Este sistema innovador permite el cultivo de plantas en estructuras verticales equipadas con sensores que ajustan automáticamente factores como la humedad, el pH y los nutrientes del suelo. Así, los estudiantes pueden observar de manera práctica cómo la tecnología se integra con la biología para mejorar la producción vegetal (Morales y Sarmiento, 2020).

La organización pedagógica de esta experiencia se estructura a través de una unidad didáctica, que incluye tanto el componente didáctico —los procesos de enseñanza-aprendizaje— como el epistemológico, que indaga sobre cómo se construye el conocimiento científico. Esta unidad reúne elementos como objetivos, currículo, actividades, recursos y evaluación, articulados de forma

coherente con el contexto y la problemática abordada (Vílchez y Perales, 2018).

Finalmente, un tema central que conecta ciencia y vida es la expresión genética. Este proceso permite a los organismos transformar la información contenida en sus ácidos nucleicos en proteínas esenciales para su desarrollo y funcionamiento. Aunque todas las células de un organismo contienen el mismo ADN, no todos los genes se expresan igual, lo que da lugar a diferencias en las funciones celulares. La expresión genética se divide en dos fases: la transcripción, donde el ADN se convierte en ARN mensajero, y la traducción, en la cual ese ARN dirige la producción de proteínas. En esta experiencia educativa, se busca que los estudiantes comprendan cómo estos procesos se manifiestan en las plantas cultivadas en la HVA, y cómo influyen en aspectos observables como el crecimiento, la floración o la resistencia a enfermedades (Sadava *et al.*, 2011; Watson *et al.*, 2005).

Metodología

La investigación se realizó en la ciudad de Bogotá, en una institución educativa privada perteneciente a la UPZ 19, conocida como el Prado. Los participantes fueron 30 estudiantes con edades entre los 13 a 15 años quienes cursaban grado octavo. Su estratificación socioeconómica estaba entre los estratos 3 y 6. Con el objeto de darle validez operativa a la investigación y atendiendo a las consideraciones éticas, el acudiente de cada estudiante firmó un consentimiento informado en el que se especificaban los objetivos y actividades que se pretendían desarrollar, se autorizó la participación y el uso de los datos obtenidos con fines estrictamente académicos e investigativos, garantizando la confidencialidad y la participación libre y voluntaria.

El enfoque metodológico es cualitativo, pues permite recolectar y analizar la información, propende por la comprensión integral de los fenómenos, el investigador es clave y suele estar inmerso en la población estudiada y la reflexión es permanente (Niño, 2011). El tipo de investigación es evaluativa ya que, según Hurtado (2000), se indaga sobre si los objetivos que se han planteado están siendo o no alcanzados, para descubrir cuáles aspectos del proceso han contribuido o entorpecido su logro; se centra en los resultados, lo que permite demostrar su efectividad en contextos educativos y de esta forma hacer propuestas para futuras investigaciones. El proceso de desarrolla a partir de 3 fases:

Fase 1. Generación de un ambiente de aprendizaje mediante el diseño y construcción de una HVA. Se determinó que la estructura debía ser resistente pero liviana y

fácil de transportar, en la que se pudieran cultivar plantas de pequeño crecimiento, con una adecuada exposición a la luz solar; por lo que el material elegido fue un tubo cuadrado de una pulgada ya que se podía aprovechar su espacio interior para hacer que las partes fueran fáciles de armar y desarmar. Los recipientes para las plantas (sustrato orgánico y semillas de manzanilla, menta, hierba buena y fresa) son botellas recicladas, fijadas a la estructura mediante amarres y a través de estos se introdujo la manguera perteneciente al sistema de riego automático dotado de una bomba de admisión de agua. Las variables utilizadas fueron la temperatura, la humedad relativa y la humedad en el sustrato, empleando como sensores un termómetro digital, higrómetro digital sencillo y un sensor de humedad, respectivamente. Finalmente, se consideraron algunos eventos que podrían suceder y cómo corregirlos oportunamente, estos fueron, cortes de energía imprevistos en el sistema de alimentación del circuito,

desprogramación del sistema, semillas no germinadas y posibles afectaciones por hongos, insectos y/o patógenos y plantas con baja supervivencia.

Fase 2. Implementación de una unidad didáctica como guía en la utilización de la HVA cuyo diseño se orienta en los fundamentos de la expresión genética y su relación con las características de los seres vivos, los mecanismos moleculares involucrados y con el análisis de las condiciones ambientales que influyen en las plantas sembradas. Además, se tiene en cuenta el diseño, ensamblaje y programación de la huerta, y a lo largo del proceso se desarrollan seis matrices de actividades enfocadas en las habilidades científicas, tres pertenecen a las básicas (observación, medición, comunicación) y tres a las integradas (control de variables, formulación de hipótesis e interpretación de datos). Los componentes de la unidad didáctica se observan en la Tabla 1.

Tabla 1.
Componentes de la unidad didáctica

Contenido	Descripción
Introducción	Presenta de forma breve los objetivos y contenidos de la unidad didáctica.
Objetivos	Diseñar y construir una HVA implementando componentes electrónicos como sensores, <i>software</i> (Arduino) y lenguaje básico de programación. Desarrollar habilidades científicas mediante el uso de la HVA. Comprender el concepto de expresión genética y cómo se relaciona con las características de los seres vivos. Identificar los mecanismos moleculares involucrados en la expresión genética. Analizar cómo las condiciones ambientales influyen en el proceso de expresión genética en plantas sembradas en la HVA.
Normatividad vigente	Estándares básicos de competencias para grado octavo.
Justificación	Explica la contribución de la unidad didáctica al entendimiento de la ciencia.
Contextualización	Expone la forma en la que se relaciona el tema de expresión genética y las habilidades científicas con los objetivos de aprendizaje para grado octavo.
Contenidos	Profundiza sobre las habilidades científicas, la expresión genética y una reseña histórica.
Habilidades científicas	Describe los tipos de habilidades científicas y en qué consiste cada una.
Actividades	Sesión 1. Descubriendo los secretos del ADN y ARN. Sesión 2. Descifrando el código genético. Sesión 3. Explorando la fenología de las plantas. Sesión 4. Germinación y crecimiento en una huerta vertical automatizada. Sesión 5. Diseño de la huerta vertical automatizada. Sesión 6. Ensamblaje de una huerta vertical automatizada. Sesión 7. Programación de una HVA (control de variables). Sesión 8. Habilidades científicas observación y medición. Sesión 9. Habilidades científicas interpretación de datos y formulación de hipótesis. Sesión 10. Habilidades científicas comunicación.

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 2 se describen para cada habilidad los criterios e ítems a partir de los cuales se construyen las actividades de la guía.

Fase 3. Análisis del desarrollo de las habilidades científicas básicas e integradas mediante el uso de la HVA. Se diseñaron seis rúbricas de evaluación compuestas de tres niveles (1 al 3) y de criterios descritos para alcanzar los diferentes niveles.

El diseño de la rúbrica de evaluación consistió en estructurar un instrumento que permitiera valorar el

desempeño de los estudiantes de manera objetiva y coherente. Para ello, se definieron claramente las categorías, las cuales representaban los aspectos clave del trabajo o tarea a evaluar. Dentro de cada categoría, se establecieron los ítems, que eran descripciones específicas de lo que se esperaba en los distintos niveles. Estos niveles se organizaron en escalas cualitativas. El diseño cuidadoso de ítems y categorías aseguró que la evaluación fuera transparente, comprensible para los estudiantes y alineada con los objetivos de aprendizaje.

Tabla 2.
Criterios y descriptores por habilidad científica

Habilidad científica	Criterio	Ítem
Observación	Descripción de la huerta vertical.	Identificación de tipos de plantas.
		Características de la huerta vertical.
		Otros sugeridos por los estudiantes.
	Características de las plantas.	Color, textura, tamaño, forma de las hojas.
		Estado del tallo, ramificaciones y flores.
		Otros sugeridos por los estudiantes.
	Condiciones ambientales.	Efecto de la luz sobre la huerta.
		Características del sustrato.
		Humedad y temperatura.
		Otros sugeridos por los estudiantes.
	Sistema de riego.	Características del sistema de riego.
		Patrón del sistema de riego.
Otros sugeridos por los estudiantes.		
Medición	Altura de las plantas.	
	Espaciamiento entre plantas.	
	Temperatura del sustrato.	
	Humedad del sustrato.	
Comunicación	Elaboración de infografía.	Estructura lógica y coherente.
		Información ordenada.
	Claridad.	Información entendible.
Diseño.	Facilita la comprensión de la información.	
Control de variables	Selección de variables.	Variabes que influyen en el experimento
		Justificación de la selección de variables.
	Manipulación de variables.	Importancia del control de variables.

Habilidad científica	Criterio	Ítem
Formulación de hipótesis	Formulación de pregunta de investigación.	Claridad de la pregunta.
		Inclusión de las variables.
	Generación de hipótesis.	Coherencia de hipótesis.
	Prueba de hipótesis.	Propuesta para recolección de datos.
	Relación entre variables.	Relación con el contexto de la huerta.
Coherencia en el texto redactado.		
Interpretación de datos.	Análisis de gráficos.	Descripción de la relación entre la cantidad de luz solar recibida y el crecimiento de las plantas.
		Explicación de la influencia de la luz solar.
	Interpretación de resultados.	Explicación de la relación entre los datos.
		Predicción sobre el crecimiento futuro de las plantas.
	Elaboración de gráfico.	Uso de escalas apropiadas y elementos visuales.

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 3 se observa como ejemplo la rúbrica para la habilidad científica de observación.

Tabla 3.
Rúbrica de evaluación para los criterios de la habilidad científica de observación

Nivel		1	2	3
Descripción de la huerta vertical.		Observación escasa en la identificación de tipos de plantas y para describir las características de la huerta vertical.	Las observaciones son limitadas y se proporcionan descripciones generales para la identificación de tipos de plantas y características de la huerta vertical.	Las observaciones son detalladas, proporcionando información completa sobre la identificación de tipos de plantas y sobre las características de la huerta vertical.
Características de las plantas.		Observación escasa para describir color, tamaño y forma de las plantas.	Las observaciones son limitadas y se proporcionan descripciones generales para el color, tamaño y forma de las plantas.	Las observaciones son detalladas proporcionando información completa sobre descripciones para el color, textura, tamaño, forma de las hojas, estado del tallo, ramificaciones y flores de las plantas.
Condiciones ambientales.	Observación escasa sobre la orientación de la huerta respecto a la luz del sol, características del sustrato e identificación de la sensación térmica.	Las observaciones son limitadas sobre la orientación de la huerta respecto a la luz del sol, características del sustrato e identificación de la sensación térmica.	Las observaciones son detalladas sobre la orientación de la huerta respecto a la luz del sol, características del sustrato e identificación de la sensación térmica.	
Sistema de riego.	Observación escasa en la descripción de los elementos que componen el sistema de riego.	Las observaciones son limitadas en la descripción de los elementos que componen el sistema de riego.	Las observaciones son detalladas en la descripción de los elementos que componen el sistema de riego.	

Fuente: elaboración propia.

Los instrumentos empleados fueron validados por pares expertos.

Resultados y discusión

Se describe y analiza lo obtenido a partir de las 3 fases del proceso investigativo.

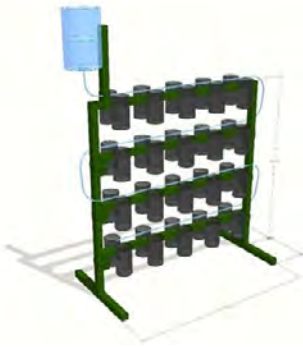
Huerta automatizada como ambiente de aprendizaje

La construcción de una huerta vertical automatizada se materializa gracias a que los estudiantes se involucran en todo el proceso, desde la planificación y diseño hasta la implementación y mantenimiento. Con respecto a lo que mencionan Bravo *et al.* (2018), la HVA cumplió su función

de ambiente de aprendizaje ya que se instituyó como un entorno en donde, a través de la interacción entre los estudiantes y dicho ambiente, se estableció una conexión entre el aprendizaje del concepto de expresión genética y el desarrollo de sus habilidades científicas mediante el uso de las plantas que allí se trabajaron (Figura 1). Por lo tanto, se pudo observar que gracias a la forma en la que la huerta se construyó se generaron varios espacios de reflexión para hacerle frente a algunos retos que se presentaron en el entorno, como lo fue la rápida evaporación del agua y control de la humedad presente en el sustrato, las horas de exposición de luz solar y el crecimiento variable de las plantas según su especie.

Figura 1.

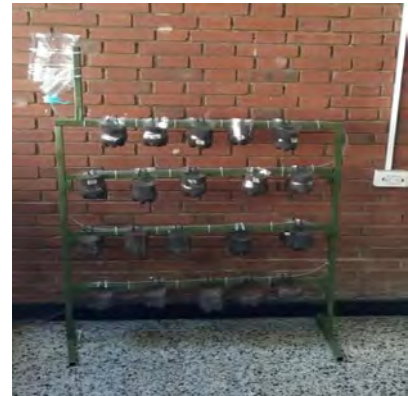
Diseño y construcción de la HVA



Diseño virtual de la HVA



Ensamblaje con los estudiantes



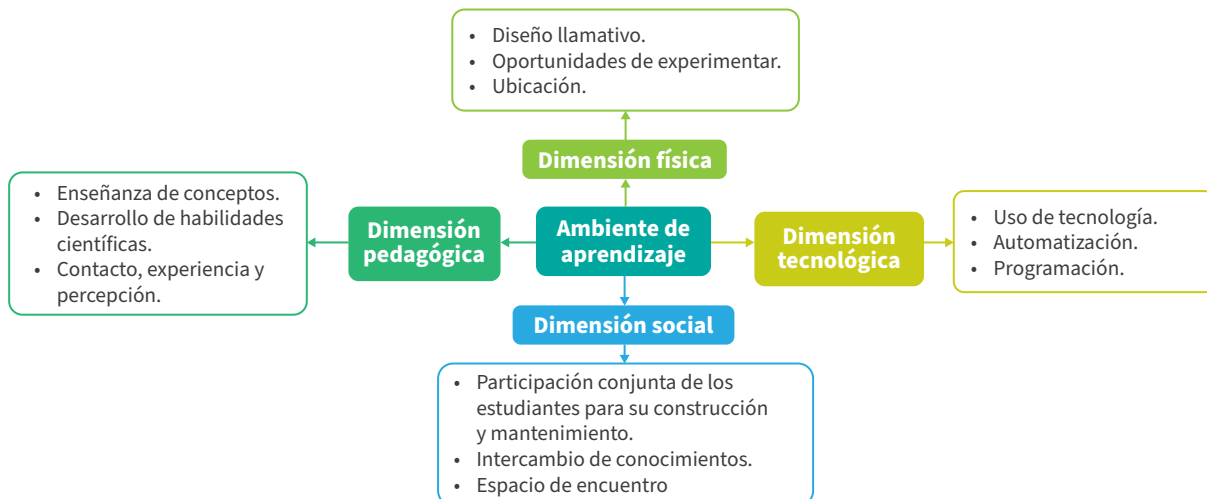
Ensamblaje final de la HVA

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 2 se discriminan las dimensiones que caracterizan a la HVA como un ambiente de aprendizaje.

Figura 2.

Dimensiones de la HVA como ambiente de aprendizaje



Fuente: elaboración propia.

Unidad didáctica como guía en la utilización de la huerta vertical automatizada

La unidad didáctica abarcó los conceptos básicos sobre expresión genética y las habilidades científicas con sus actividades respectivas. Como resultado, al combinar conceptos básicos de genética con un ejercicio práctico relacionado con la HVA, se enriquece la comprensión de los estudiantes sobre cómo se pueden aplicar los conceptos científicos en contextos prácticos y cotidianos, fomentando interés y experiencia para futuros ejercicios relacionados con habilidades científicas, reiterando lo obtenido por Silva (2018) y Castañeda (2020). Adicionalmente, la unidad didáctica proporcionó a los estudiantes una guía para la consulta de conceptos específicos, planificación, implementación, ejercitación y mantenimiento de la HVA, de tal manera que los estudiantes adquieren conocimientos prácticos y habilidades mediante un aprendizaje práctico y experiencial con el objetivo de aplicar su conocimiento al mundo real.

Análisis del desarrollo de las habilidades científicas básicas e integradas mediante el uso de la huerta vertical automatizada

Los resultados se analizan a partir de la información obtenida de las rúbricas diseñadas para cada una de las habilidades científicas.

Habilidad científica de observación

El 90% de los participantes alcanzó el nivel 3, según la rúbrica descrita en la Tabla 3. Observaron que la huerta contaba con un par de grados de desnivel para que el agua pudiera moverse con mayor facilidad abarcando los cuatro compartimientos y que en el nivel superior debía ubicarse la manzanilla, en el segundo la menta, en el tercero hierba buena y en el último la fresa. Las tres primeras fueron identificadas como plantas aromáticas y la última como una planta frutal comestible. Respecto a las características de las plantas, incluyeron detalles como la forma ovalada de las hojas, irregulares, alargadas; la textura de los tallos descritos como suaves, delgados y finos, olores particulares como aromáticos e intensos, la forma de los pétalos como ovalados y de color amarillo, naranja y blanco e incluso aportaron algunos usos comunes como fines terapéuticos para aliviar dolores estomacales, apaciguar el estrés y mejorar la digestión. En el caso de la fresa, los usos descritos fueron alimenticios y para suplementar la dieta con fibra y vitaminas. Algo interesante es que algunos estudiantes mencionaron que usualmente observaban que las aromáticas se combinaban con las fresas para potenciar sus efectos y

sabores. Sobre las condiciones ambientales tuvieron en cuenta que la huerta estaba orientada para que pudiera recibir la mayor cantidad de luz solar posible, que el sustrato tenía un olor a bosque gracias a ciertas bacterias y que la humedad podría influir en la germinación, pero que si esta era muy alta ayudaría a la proliferación de microorganismos que afectarían a las semillas y pequeños brotes. En relación a los elementos que componían el sistema de riego los describieron como dotados de metales conductores capaces de interpretar las condiciones y poder manipularlas en beneficio de las plantas que allí se encontraban. El 7% de estudiantes clasificaron a las plantas como solamente aromáticas y sobre las características de la huerta vertical mencionaron que su estructura era para ahorrar espacio. El 3% que corresponde a un estudiante ubicado en el nivel 1 fue debido a que las respuestas a los tres criterios de la actividad fueron limitadas y olvidó diligenciar el último criterio de la actividad.

Habilidad científica de medición

27 estudiantes, que corresponden al 90%, alcanzaron el nivel 3 ya que las mediciones y los valores obtenidos son consistentes en comparación del promedio obtenido por el total de los participantes, 3 estudiantes, que corresponden al 10%, alcanzaron el nivel 2 ya que los valores que obtuvieron se caracterizaban por tener una variación mayor con respecto al promedio total de los valores de todo el grupo, esto debido a algunos errores en los cálculos matemáticos, los cuales se basaron en que una desviación estándar alta indica una mayor variabilidad en las mediciones. La interacción con la HVA permitió a los estudiantes interiorizar y enriquecer sus conocimientos a medida que interactuaban con sus compañeros para comparar los datos obtenidos.

Habilidad científica de comunicación

El 90% alcanzó el nivel 3 ya que transmitieron de manera clara y efectiva los resultados de todo el ejercicio investigativo mediante la infografía y la exposición. 3 estudiantes, que corresponden al 10%, alcanzaron el nivel 2 ya que la comunicación fue clara en algunos aspectos, y su infografía poseía una estructura más o menos ordenada con la posibilidad de tener una secuencia coherente de información. Esta actividad les permitió a los estudiantes compartir conocimientos y avances en su aprendizaje, así como también divulgar las conclusiones de su experiencia en la investigación. Exponer la infografía fue llamativo para ellos pues compartieron sus hallazgos a sus compañeros, lo que requiere de habilidades para estructurar y organizar la información de manera concreta, esto enriqueció el proceso de aprendizaje.

Habilidad científica de control de variables

El 83% alcanzó el nivel 3 ya que seleccionaron adecuadamente todas las variables, especificando su importancia en la investigación y explicaron cómo se podían manipular mediante el uso de los sensores programados y su efecto en el crecimiento de las plantas. El 17% alcanzó el nivel 2 ya que seleccionaron dos o tres variables e hicieron referencia a la relevancia de su control y cómo estas afectan a los resultados de manera general. Teniendo en cuenta los análisis realizados por los participantes fue fundamental que identificaran las variables para entender cómo podrían influir en las plantas de la huerta con el fin de aislar el efecto de las variables independientes sobre las variables dependientes. Las variables escogidas como independientes fueron el agua, la luz, la temperatura y la humedad y como variables dependientes seleccionaron altura de las plantas, número de hojas, producción de flores y color de la planta.

Al controlar las variables en un experimento, los estudiantes debieron llevar a cabo un proceso meticuloso de selección y análisis. Primero, fue crucial que identificaran cuidadosamente qué variables fueron relevantes para el ejercicio en la HVA y cómo pudieron influir en las plantas. Este proceso implicó hacer una revisión detallada de los resultados obtenidos para posteriormente realizar una comparación con los criterios establecidos inicialmente. Solo mediante este riguroso análisis pudieron obtener una comprensión de los efectos de las variables controladas en el experimento y llegar a conclusiones significativas reafirmando lo obtenido en otros estudios referentes a la innovación frente a lo tradicional y el uso del aprendizaje contextualizado, como lo plantean Silva (2028) y Del Rosario y Chua (2023).

Habilidad científica de formulación de hipótesis

Para la formulación de la pregunta de investigación relacionada con el crecimiento de las plantas en la HVA, teniendo en cuenta las variables que podrían influir, se obtuvo como resultado que 26 estudiantes, correspondientes al 86%, alcanzaron el nivel 3 ya que la pregunta de investigación fue clara, específica y directamente relacionada con la HVA; tanto la formulación como la prueba de las hipótesis fueron coherentes en relación con las variables. El 14% alcanzaron el nivel 2 ya que plantearon una pregunta de investigación y una hipótesis, pero con algunas dificultades para elegir métodos para su comprobación.

Se evidenció el fortalecimiento de la capacidad de los estudiantes para plantear explicaciones tentativas y verificables para fenómenos observados en el contexto de la

huerta, lo que coincide con lo obtenido por Palacios *et al.* (2016), pues se promueve la explicación de fenómenos, el trabajo en equipo y el cambio conceptual mediante la experimentación.

Habilidad científica de interpretación de datos

El 90% alcanzaron el nivel 3 debido a que establecieron relaciones claras y relevantes entre variables fundamentales como la temperatura, agua, luz, sustrato y humedad con respecto a su influencia en el crecimiento de las plantas. El 10% se ubicó en el nivel 2 debido a que el análisis que hicieron sobre patrones importantes en la interpretación de datos fue superficial.

Por lo que se refiere al análisis de las variables afirman que:

- La supervivencia de una planta en relación con la temperatura depende de la especie, pues hay algunas que sobreviven en ambientes fríos, templados o cálidos.
- El agua es vital ya que mediante esta se hidratan y ayuda a disolver los nutrientes para facilitar su transporte a todas las partes de la planta.
- La luz ayuda a realizar el proceso de fotosíntesis ya que aporta para que la planta pueda generar moléculas energéticas como la glucosa.
- El sustrato brinda soporte, contiene los nutrientes y permite que las raíces se desarrollen para absorberlos.
- La humedad: previene la deshidratación, está presente en el sustrato y en el entorno.

Como última actividad elaboraron un gráfico teniendo en cuenta los datos de la altura de los cuatro tipos de plantas presentes en la huerta obtenidos mediante la aplicación del instrumento para la habilidad científica de medición, esto con el objetivo de interpretar las posibles causas de las variaciones en el crecimiento promedio. Al interpretar estos datos, los estudiantes analizan los patrones y tendencias en el crecimiento de las plantas a lo largo del tiempo y su relación con las variables seleccionadas de modo que asumen el rol de constructores y agentes de cambio en su proceso de aprendizaje, como lo demostró Vera (2015) y Silva (2018).

Las implicaciones educativas de la estrategia de aplicación de la HVA para el abordaje de conceptos de genética son múltiples y representan indudablemente una alternativa didáctica innovadora para el desarrollo de habilidades científicas en el marco del aprendizaje centrado en el rol protagónico del estudiante desde un eje transversal que es la metacognición, ya que las actividades propuestas

para cada una de las habilidades científicas permitió que los estudiantes reconocieran sus avances respecto a cada una y la manera para fortalecerlas.

Existen diversas limitaciones que deben ser consideradas. Entre las principales se encuentra el tiempo requerido para la construcción, ejecución y evaluación, el cual puede exceder los márgenes establecidos en un calendario académico tradicional, restringiendo así la profundidad del análisis. Asimismo, la necesidad de recursos técnicos y financieros —como sensores, sistemas de riego y microcontroladores— supone un desafío en contextos escolares con acceso limitado a tecnología o presupuesto. A esto se suma la heterogeneidad del grupo estudiantil, ya que las diferencias en conocimientos previos, intereses y habilidades tecnológicas pueden influir en los resultados, generando posibles sesgos en la evaluación del desarrollo de habilidades científicas.

La implementación de la huerta vertical automatizada como ambiente de aprendizaje ha demostrado aportar mejoras significativas en la comprensión del concepto de expresión genética, en comparación con los métodos tradicionales. Este modelo favorece un aprendizaje experiencial, permitiendo a los estudiantes observar directamente cómo factores ambientales influyen en la manifestación de características fenotípicas. Además, promueve el desarrollo del pensamiento sistémico al relacionar múltiples variables —como luz, humedad, nutrientes y temperatura— con procesos biológicos complejos. A esto se suma un aumento en la motivación y el compromiso estudiantil, impulsado por el uso de tecnología y entornos activos de aprendizaje, lo cual facilita una mayor retención de conocimientos. Finalmente, se establece una conexión directa con situaciones de la vida real, lo que enriquece el sentido y la aplicabilidad del contenido, reforzando la comprensión profunda de la expresión genética.

Conclusiones

La huerta vertical automatizada se constituyó como un ambiente de aprendizaje ya que los estudiantes pudieron interactuar para construir su conocimiento sobre expresión genética a la vez que desarrollaron habilidades científicas.

El uso de una unidad didáctica fue fundamental para guiar el ejercicio pues el presentar una estructura sólida y coherente ayuda a planificar y llevar a cabo las actividades de una manera eficaz, ya que se estableció desde un principio los objetivos de aprendizaje que se deseaban alcanzar, así como la conceptualización sobre cada habilidad de modo que los estudiantes lograron reconocer

el avance de su proceso de aprendizaje, lo que reitera la necesidad del componente metacognitivo.

El diseño de nuevos instrumentos para evaluar de forma cualitativa es importante e interesante pues estos pueden adaptarse a las necesidades del grupo de estudiantes, lo que permite una valoración más personal y enfocada en las fortalezas y debilidades específicas, además se pueden tener en cuenta aspectos del aprendizaje a diferencia de la evaluación cuantitativa.

Las habilidades científicas desempeñaron un papel fundamental en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, ya que les brindaron las herramientas necesarias para entender los mecanismos de la expresión genética. No solo adquirieron conocimientos teóricos, sino que lograron una comprensión más profunda y significativa de cómo se regula y manifiesta la información genética en los organismos con los que se trabajó. Este resultado evidencia que el desarrollo de habilidades científicas no solo fortalece el pensamiento lógico y analítico, sino que también enriquece la capacidad de los estudiantes para abordar conceptos biológicos complejos desde una perspectiva activa e investigativa.

Referencias

- Bolaño, O. (2020). El constructivismo: modelo pedagógico para la enseñanza de las matemáticas. *Revista Educare*, 24(3), 488-502. <https://revistas.investigacion-upelipb.com/index.php/educare/article/view/1413/1359>
- Bravo, F., León, O., Castiblanco, A. y Alfonso, G. (2018). *Metodología de diseño de ambientes de aprendizaje accesibles con incorporación de afectividad*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Burón, J. (1996). *Enseñar a aprender: Introducción a la metacognición*. Ediciones Mensajero.
- Cano, L. (2017). *Aplicación de talleres de lectura basados en el enfoque constructivista utilizando material impreso, mejora el nivel de comprensión lectora de los niños y niñas del 4to grado "B" de educación primaria de la ie Antenor Sánchez* [Tesis de pregrado, Universidad Católica los Ángeles Chimbote]. <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/2402>
- Castañeda, M. (2020). *La huerta escolar como estrategia en el desarrollo de aprendizajes desde la perspectiva del aprender haciendo en estudiantes de grado noveno en la ie Roberto Velandía del municipio de Mosquera Cundinamarca* [Tesis

- de maestría, Universidad Pedagógica Nacional]. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/12395?show=full>
- Cleves, F., Bolaños, Y., Guarnizo, M. y Puentes, O. (2023). La huerta vertical: una estrategia para el fomento de hábitos saludables en el Colegio Campestre El Placer de Aprender de Pitalito, Huila. *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 16(extraordinario). <https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/20489>
- Del Rosario, K. y Chua, E. (2023). Case and project-based learning lessons in enhancing science process skills. *International Journal of Science, Technology, Engineering and Mathematics*, 3(3), 79-102. <https://doi.org/10.53378/353006>
- Hurtado, J. (2000). *Metodología de la investigación holística*. Fundación Sygal.
- Morales, F. y Sarmiento, J. (2021). *Huerta Indoor Automatizada* [Tesis de pregrado, Universidad Católica]. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25554/1/Tgrado.pdf>
- Niño, V. M. (2011). *Metodología de la Investigación diseño y ejecución*. Ediciones de la U.
- Padilla, M. J. (1990). The Science Process Skills. *Research Matters to the science Teacher*. NARST. <https://narst.org/research-matters/science-process-skills>
- Palacios, J., Amud, N. y Pérez, D. (2016). *Implementación de huertas escolares como estrategia de enseñanza-aprendizaje de la biología de grado sexto en la Institución educativa agrícola de Urabá del municipio de Chigorodó y de grado séptimo de la Institución educativa rural Zapata, de Necoclí, departamento de Antioquia* [Tesis de maestría, Universidad Pontificia Bolivariana]. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/2950>
- Sadava, D., Hillis, D., y Heller, H. (2011). *Life: the science of biology*. Macmillan.
- Santana, J. y Durango, Y. (2018). *Apropiación de territorio y protección de las variedades nativas de semillas agrícolas, a través de la implementación de una huerta agroecológica y permacultural en el Colegio Instituto Técnico Industrial Francisco José de Caldas, Bogotá D.C.* [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/8950>
- Silva, L. (2018). *La huerta escolar como estrategia para la enseñanza de las Ciencias Naturales: análisis de tesis y trabajos de grado* [Tesis de maestría, Universidad Pedagógica Nacional]. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/10249>
- Vera, J. (2015). *La huerta escolar como estrategia didáctica para el desarrollo de competencias científicas en la Institución Educativa Maestro Pedro Nel Gómez* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53480>
- Vílchez, J. y Perales, F. (2018). El diseño de unidades didácticas en la formación inicial de profesores de ciencias: validación de una rúbrica. *Perspectiva Educativa*, 57(1), 70-98. <http://perspectivaeducacional.cl/index.php/peducacional/article/view/642>
- Watson, J., Baker, T., Bell, S., Gann, A., Levine, M. y Lo-sick, R. (2005). *Biología molecular del gen*. Edición Médica Panamericana.