

Agricolae & Habitat

Revista de Investigación Formativa
Escuela de Ciencias Agrarias, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA.

Bogotá - Colombia - 2025

Volumen 8 Número 2
e-ISSN: 2665-3176



Agricolae & Habitat

Revista de Investigación Formativa
Escuela de Ciencias Agrarias, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA.

Volumen 8 – Número 2 - 2025
e-ISSN: 2665 - 3176



Revista Agricolae & Habitat

Volumen 8 – Número 2 - 2025 – e-ISSN: 2665 – 3176

CUERPO DIRECTIVO

JAIME ALBERTO LEAL AFANADOR
Rector UNAD

CONSTANZA ABADÍA GARCÍA
Vicerrector Académica y de
Investigación

EDGAR GUILLERMO RODRÍGUEZ
Vicerrector de Servicios a Aspirantes,
Estudiantes y Egresados

LEONARDO YUNDA PERLAZA
Vicerrector de Medios y Mediaciones
Pedagógicas

JULIA ALBA ANGEL OSORIO
Vicerrector de Desarrollo Regional
y Proyección Comunitaria

LEONARDO EVEMELETH SANCHEZ
TORRES
Vicerrector de Relaciones
Internacionales

JORDANO SALAMANCA BASTIDAS
Decano Escuela de Ciencias Agrícolas,
Pecuarias y del Medio Ambiente

JUAN SEBASTIÁN CHIRIVÍ
SALOMÓN
Líder Nacional de Investigación

CAROLINA GUTIÉRREZ
Líder Nacional de Investigación
Escuela de Ciencias Agrícolas,
Pecuarias y del Medio Ambiente

EDITORES

GERARDO OJEDA
Escuela de Ciencias Agrícolas,
Pecuarias y del Medio Ambiente

MARGARITA BONILLA
Escuela de Ciencias Agrícolas,
Pecuarias y del Medio Ambiente

EDITORES DE SECCION

Cadena Agrícola

SANDRA PATRICIA MONTENEGRO
JORGE ARMANDO FONSECA

Cadena Agroforestal

SHIRLEY ANDREA RODRÍGUEZ
ESPINOSA

Cadena Ambiental

DENISSE VIVIANA CORTES CASTILLO
SONIA ESPERANZA RUIZ BALAGUERA

Cadena Pecuaria

VIVIANA VILLAMIL REYES
HELENA ESPITIA MANRIQUE

Revista Agricolae & Habitat

Escuela de Ciencias Agrícolas,
Pecuarias y del Medio Ambiente

Universidad Nacional
Abierta y a Distancia

Calle 14 Sur N. 14-23
Bogotá, Colombia

Teléfonos: (571) 344 3700 ext. 1529
e-mail: revista.agricolae@unad.edu.co
Los artículos pueden consultarse en su
versión electrónica en:

[https://hemeroteca.unad.edu.co/
index.php/agricolae/issue/archive](https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/agricolae/issue/archive)

DECLARACIÓN DE PRIVACIDAD

Los nombres y las direcciones de correo electrónico introducido en esta revista se usarán exclusivamente para los fines establecidos en ella y no se proporcionarán a terceros o para su uso con otros fines

Este documento contiene la política de Privacidad y Condiciones de Uso del Portal Institucional de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, institución de educación superior colombiana creada por el Congreso de la República mediante Ley 52 de 1981, con el fin de proteger los derechos de los usuarios del portal web institucional, haciendo parte de los documentos Manual de imagen digital de la UNAD y Guía para la publicación de información en el portal institucional y en la intranet, documentos soporte de nuestro sistema de Gestión de Calidad.

La política de privada de la UNAD, detalla la forma como salvaguardamos y utilizamos la información que obtenemos a través de los servicios, trámites e información disponible en nuestro portal web institucional. En este sentido, es importante que antes de iniciar la exploración del portal, el usuario lea previa y cuidadosamente esta política de privacidad y condiciones de uso sobre qué información guardamos y cómo la utilizamos.

La información del portal institucional, contenidos y servicios divulgados son de conocimiento público, por tanto, la aceptación de esta política de privacidad, es condición necesaria para que el usuario navegue nuestro portal.

Para más información, por favor consulte aquí:

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/agricolae/about>

ÍNDICE

Presentación

7

Sección Agrícola

1. PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA DE LECHUGA (Lectuca sativa) APROVECHANDO LA CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

HYDROPONIC PRODUCTION OF LETTUCE
(Lectuca sativa) TAKING ADVANTAGE OF RAINWATER HARVESTING

Johan Hernán Martínez Laitón, Manuel Torres Torres

9

Sección Agrícola

2. EL SILICIO: ELEMENTO FUNDAMENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE CULTIVOS DE ROSA FRENTE A PLAGAS Y ENFERMEDADES

SILICON: FUNDAMENTAL ELEMENT FOR THE PROTECTION
OF ROSE CROPS AGAINST PESTS AND DISEASES

Mariluz Izariza Alarcón, Yenny Maritza Camacho Torres, Marisela Castro Solera

30

Sección Ambiental

3. PERCEPCIÓN COMUNITARIA SOBRE EL IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES EXTRACTIVAS DEL PETRÓLEO EN LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO - VEREDA LA MESA, PAICOL (HUILA)

COMMUNITY PERCEPTION OF THE IMPACT OF OIL
EXTRACTIVE ACTIVITIES ON THE AVAILABILITY OF WATER
RESOURCES - VEREDA LA MESA, PAICOL (HUILA)

Diana Cristina Medina Valencia, Yuberica Fernanda Diaz Embus

37

PRESENTACIÓN

Estimados lectores

Presentamos aquí diversos artículos, fruto de la colaboración entre docentes, estudiantes y exalumnos de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. Se trata de artículos relacionados con las diferentes cadenas de la Escuela de Ciencias Agrarias, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA: Agrícola, Agroforestal, Ambiental y Pecuaria.

Todos estos artículos representan el trabajo científico y académico Unadista, con la firme convicción de seguir adelante con la labor investigativa de acceso abierto y gratuito.

Saludos cordiales

Gerardo Ojeda

Margarita Bonilla



Área: agrícola

Fecha de recibido: 22-07-2024

Fecha de aceptado: 15-05-2025

DOI: 10.22490/26653176.8303

PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA DE LECHUGA (*LECTUCA SATIVA*) APROVECHANDO LA CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

HYDROPONIC PRODUCTION OF LETTUCE (*LECTUCA SATIVA*) TAKING ADVANTAGE OF RAINWATER HARVESTING

Johan Hernán Martínez Laitón

Tecnólogo en Producción Agrícola y semillero en el semillero

Sembrando Nuevas Ideas Agroecológicas. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

<https://orcid.org/0000-0001-5684-0998>

jhmartinezlai@unadvirtual.edu.co

Manuel Torres Torres

Ingeniero agrónomo, especialista en Ingeniería Ambiental, magíster

en Administración de Negocios y PhD en Ingeniería Ambiental.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

<https://orcid.org/0000-0001-6033-4799>

manuel.torres@unad.edu.co

Citación: Martínez Laitón, J.N. y Torres Torres, M. (2025).

Producción hidropónica de lechuga (*Lectuca sativa*)

aprovechando la captación de aguas lluvias.

Agricolae & Habitat, 8(1), (9-29). 10.22490/26653176.8303

RESUMEN

Contextualización: en el municipio de Saboyá, en la vereda Merchán, la agricultura tradicional continúa basada en las actividades agronómicas del modelo de la Revolución Verde, aplicando malas prácticas agrícolas, como el uso inadecuado de agroquímicos, que causa resistencias en los insectos, convirtiéndolos en plagas, y aumentan la propagación de enfermedades. Por otro lado, la utilización de fertilizantes sintéticos genera la degradación de los suelos, la pérdida de la microbiología, la alteración de su composición química y la generación de la desertificación de suelos, condiciones que no son aptas para producir alimentos sanos e inocuos y de manera sostenible.

Una alternativa de solución al problema presentado es la hidroponía. Esta es una forma de producir alimentos principalmente a partir de hojas y algunos pequeños árboles frutales. Esta alternativa presenta varias ventajas especialmente ambientales, pero también en la producción continua de alimentos limpios sin el uso de agroquímicos.

Vacío de conocimiento: la falta de conocimiento acerca de los sistemas alternativos de producción, como el hidropónico, para el manejo eficiente del recurso hídrico por parte del productor en la zona. Además, se evidencia el desconocimiento de la estrategia de la implementación de estrategias encaminadas a mejorar la disponibilidad del recurso hídrico en épocas de sequía. Finalmente, no existen estudios sobre la captación de aguas lluvia en zonas rurales del departamento de Boyacá.

Propósito: el propósito de investigación fue implementar un sistema hidropónico con el aprovechamiento del agua lluvia para la producción del cultivo de lechuga, como una alternativa para producir alimentos inocuos y sanos.

Metodología: se procedió a construir el sistema hidropónico; conociendo los costos de establecimiento en el sistema hidropónico implementado,

cuenta con una capacidad para producir 480 plantas simultáneamente. Para estas se realizó el ciclo de producción completo, desde la siembra, trasplante al sistema hidropónico y cosecha, con un tiempo total del ciclo de 60 días: 25 días en almácigo y 35 días de desarrollo en sistema hidropónico. Para la producción de la lechuga hidropónica es necesaria la utilización de diferentes materiales, algunos de estos son: solución nutritiva, espumas, reguladores de pH, entre otros. Con lo anterior, se tiene un plan de producción de lechuga hidropónica, con un tiempo estimado, un uso eficiente del agua, una producción de alimento en poco espacio, entre otros, esto con el fin de mostrar el proyecto a los interesados.

Resultados y conclusiones

Se obtuvieron los siguientes datos: el consumo de agua de la primera cosecha de lechuga hidropónica fue de 33 litros para el almácigo y 1445 litros para el sistema de producción hidropónico. En la segunda cosecha, el consumo de agua fue 42 litros para el almácigo y 1552 litros para el sistema de producción hidropónico. En la tercera cosecha, el consumo de agua fue de 33 litros para el almácigo y 1408 litros para el sistema de producción hidropónico.

Se concluyó que el aprovechamiento del espacio se utiliza de mejor manera en la hidroponía, ya que permite obtener muchas más cosechas de manera constante, sin correr el riesgo de que este pierda la fertilidad, como se puede presentar en los cultivos tradicionales que usan el suelo. Con el desarrollo del proyecto se comprobó que la hidroponía contribuye al mejor aprovechamiento de los recursos hídricos y es una alternativa viable para mitigar el efecto del cambio climático.

Palabras clave: sistema hidropónico, solución nutritiva, regulador de pH, trasplante.

ABSTRACT

Contextualization: In the municipality of Saboyá, in the Merchán area, traditional agriculture continues with agronomic activities of the green revolution model, applying bad agricultural practices, such as the inappropriate use of agrochemicals that cause resistance in insects, turning them into pests and the spread of diseases. On the other hand, the use of synthetic fertilizers generates soil degradation, the loss of microbiology, chemistry and the generation of soil desertification, which are not suitable conditions for producing healthy and safe food in a sustainable manner. An alternative solution to the problem presented is hydroponics, it is a way of producing food mainly from leaves and some small fruit trees, they present several advantages, especially environmental, but also in the continuous production of food produces clean food without the use of agrochemicals. A strategy as a contribution to reduce the negative environmental effects of traditional agriculture.

Knowledge gap: The lack of knowledge of alternative production systems, such as hydroponics, for efficient water resource management by producers in the area. The lack of awareness of strategies for implementing strategies aimed at improving water availability during droughts, and finally, the lack of studies on rainwater harvesting in rural areas of the department of Boyacá.

Purpose: The purpose of the research was to implement a hydroponic system with the use of rainwater for the production of lettuce crops, as an alternative to produce safe and healthy food.

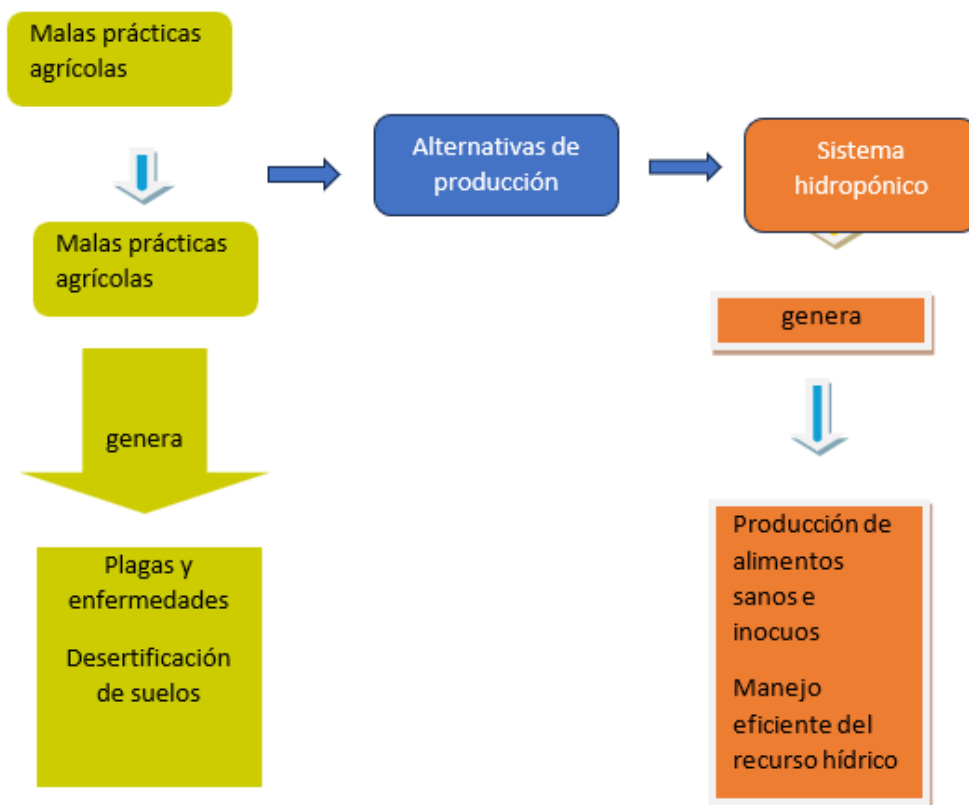
Methodology: The hydroponic system was built, knowing the establishment costs in the implemented hydroponic system, it has a capacity to produce 480 plants simultaneously, for these the complete production cycle was carried out, from sowing, transplanting to the hydroponic system and harvest, with a total cycle time of 60 days "25 days in seedbed and 35 days of development in a hydroponic system", for the

production of hydroponic lettuce it is necessary to use different materials, some of these are, nutrient solution, foams, pH regulators among others, with the above there is a hydroponic lettuce production plan, with an estimated time and efficient use of water, food production in less space among others, this in order to show the project to those interested.

Results and conclusions: The following data were obtained for water consumption of the first hydroponic lettuce harvest was 33 liters, in liters of water consumption for the seedbed and for the hydroponic production system was 1445 liters, for the second hydroponic lettuce harvest was 42 liters in water consumption for the seedbed, and for the hydroponic production system was 1552 liters, and for the third hydroponic lettuce harvest was 33 liters in water consumption for the seedbed, and for the hydroponic production system was 1408 liters, and it was concluded that the use of space is used in the best way in hydroponics, being able to obtain many more crops, and constantly, without running the risk of it losing fertility, as can occur in traditional crops that use the soil. With the development of the project, it was possible to verify that hydroponics contributes to the better use of water resources and is an alternative for the producer to mitigate the effect of climate change.

Keywords: hydroponic system, nutrient solution, pH regulator, transplant.

RESUMEN GRÁFICO



Fuente: Autores

1. INTRODUCCIÓN

Según la FAO (2002), la agricultura utiliza dos tercios del agua utilizada por la humanidad y es, además, el principal agente contaminante de este recurso, debido al uso de diferentes productos químicos aplicados en el suelo, la salinización y otros factores que reducen notablemente el rendimiento de los cultivos.

El municipio de Saboyá, en la vereda Merchán, la agricultura tradicional continúa basada en las actividades agronómicas del modelo de la Revolución Verde, aplicando malas prácticas agrícolas, como el uso inadecuado de agroquímicos, que causa resistencias en los insectos, convirtiéndolo en plagas, y aumentan la propagación

de enfermedades. Por otro lado, la utilización de fertilizantes sintéticos genera la degradación de los suelos, la pérdida de la microbiología, la alteración de su composición química y la generación de la desertificación de suelos, condiciones que no son aptas para producir alimentos sanos e inocuos y de manera sostenible. En consecuencia, una alternativa de solución al problema presentado es la hidroponía, que es una forma de producir alimentos sanos e inocuos en forma continua.

El proyecto de investigación brinda la oportunidad de conocer y aprender otra manera de producir alimentos, mostrando que hay sistemas alternativos de producción destinados a cambiar la manera de cultivar de los productores. El diseño e implementación del sistema hidropónico

para la producción de lechuga se realizó utilizando agua de lluvia, la cual es captada y recolectada del techo de una vivienda rural, con el fin de aprovechar mejor el recurso hídrico. El sistema fue mixto tipo NFT, de estructura piramidal, capaz de soportar 480 plantas al mismo tiempo.

El manejo de un cultivo hidropónico es diferente al manejo tradicional de la producción, sin embargo, se requiere de una inspección diaria para tener buen resultado. En el cultivo de lechuga se requieren las actividades agronómicas para la producción, que empiezan desde la siembra y culminan con la cosecha.

Finalmente, el objetivo busca como resultado el aprovechamiento del espacio, el buen uso y aprovechamiento del agua, y la reducción de la contaminación por usos de productos agroquímicos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de los materiales y equipos necesarios para la producción de lechuga hidropónica

- **Bandejas de germinación:** se utilizan para la germinación de las semillas, ya que cuentan con alveolos divididos que permiten que cada semilla tenga un espacio independiente para su desarrollo en las etapas iniciales, facilitando además el trasplante sin que se dañen entre plantas.
- **Sustrato:** para la germinación de las semillas es necesario contar con unas óptimas condiciones para la semilla, como la correcta humedad, adecuada aireación, oxigenación y porosidad. Por lo tanto, es necesario contar con un buen sustrato que pueda otorgar estas condiciones; en este proyecto se utiliza la turba, un sustrato con buenas características que permite tener las condiciones ideales para la correcta germinación de las semillas.

- **Semilla:** en el sistema fue diseñado para el cultivo de lechuga, por lo que se utiliza semilla de esta especie. La variedad seleccionada es la lechuga verde crespa, ya que presenta mejor rendimiento y adaptación al método hidropónico.
- **Solución nutritiva:** como el cultivo, en sus fases importantes, no se desarrolla en suelo y, por tanto, no se pueden extraer los nutrientes para su desarrollo, es necesario proveérselos mediante una solución nutritiva. Esta contiene todos los nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas —mayores y menores— en las cantidades exactas.

En el mercado se encuentran kits de soluciones nutritivas conformados por un kilo de elementos mayores (solución A) y un kilo de elementos menores (solución B). Cada kilo debe ser disuelto en cuatro litros de agua y se deben almacenar en un envase diferente. Este kit de solución nutritiva rinde aproximadamente para 1000 litros de agua. Además, se debe tener en cuenta la medición de conductividad eléctrica (EC), ya que a través de esta solución nutritiva es se suministran los nutrientes al cultivo.

- **Electroconductímetro:** es un equipo utilizado en la hidroponía para medir la conductividad eléctrica de la solución nutritiva. Al proporcionar los nutrientes de la solución A y B en el agua, se debe medir el rango de conductividad eléctrica para determinar si las plantas se pueden alimentar o si la solución puede ser tóxica para estas. Según Hernández Villaseñor (2022), el rango óptimo de conductividad eléctrica es de 0,75 a 2 mS/cm o de 750-1000 ppm. Por debajo de las 750 ppm, las plantas no logran absorber los nutrientes, mientras que por encima de 1500 ppm, la solución nutritiva llega a ser tóxica para las plantas. Por eso, es necesario contar

con este equipo para realizar una medición diaria de esos rangos. Por consiguiente, en el proyecto se utilizó un rango de 1200 ppm aproximadamente.

- **PH-metro digital:** así como es muy importante medir la electro conductividad, es más importante aún medir y estar al pendiente del pH, ya que este, como sabemos, es muy influyente en la absorción y disponibilidad de los nutrientes para las plantas. Por lo tanto, se necesita de una medición diaria para controlar que el pH esté en los rangos óptimos para una correcta absorción de los nutrientes.

Según Groho (2020), los rangos óptimos de pH son de 5.5 a 6.5, siendo el rango más óptimo de 5.8 a 6.0. En el proyecto se manejó un pH en los rangos más óptimos mediante mediciones diarias con un pH-metro digital y la aplicación de los correctivos necesarios para mantener el pH ideal. Para los ajustes, los productos que se utilizan son dos diferentes: uno para aumentar el pH y el otro para reducirlo, según las necesidades.

- **Hidróxido de potasio:** en este proyecto se utiliza el hidróxido de potasio como correctivo para el pH, específicamente para subir su valor cuando está por debajo del rango óptimo o en niveles ácidos. Debido a su alta alcalinidad, este producto no debe aplicarse puro, requiere una preparación previa, como la solución nutritiva. Para su elaboración, se disuelven 500 gramos de hidróxido de potasio en cuatro litros de agua; la cantidad depende del grado de acidez y el volumen de agua, pero se debe ir aplicando en pequeñas cantidades (milímetros) e ir revisando los niveles con el pH-metro digital.
- **Ácido nítrico:** para disminuir el pH, en el proyecto se utilizó el ácido nítrico, un producto muy eficiente para esta labor y,

además, económico. Se utiliza cuando el pH está sobre los parámetros normales, es decir, en niveles alcalinos, hasta alcanzar un rango ideal. Al igual que el hidróxido de potasio, este producto no se aplica puro a la solución nutritiva para bajar el pH, sino que se debe realizar una preparación previa.

El ácido nítrico es un producto muy ácido, así que, en un envase, se deben disolver 70 mililitros de ácido nítrico en cuatro litros de agua. Se debe tener especial atención en el manejo de este producto puro, ya que puede generar quemaduras; no obstante, después de haber realizado la mezcla el riesgo disminuye significativamente. La aplicación de la mezcla para bajar el pH se debe ir agregando en pequeñas cantidades (mililitros) e ir realizando mediciones con el pH-metro digital hasta llegar a los parámetros deseados, no se tiene la cantidad exacta de mezcla ácida a agregar, pues depende de la cantidad de agua y el nivel de alcalinidad que está presente.

- **Espumas para soporte:** para el trasplante de las plántulas de las bandejas de germinación hacia la tubería de cultivo, cada planta debe contar con algún tipo de soporte para que no se una al tubo y se mantenga fija en su lugar. Para esto, se pueden utilizar vasos o canastillas especiales, pero estas son un poco costosas, además, como permiten el ingreso de luz hacia el interior del tubo, favorecen la aparición de algas. Por ello, se utiliza una espuma con medidas de 6 cm de largo, 6 cm de ancho y 3cm de alto, la cual se sujeta perfectamente a cada hueco del tubo sin hundirse. Cada espuma tiene una pequeña apertura en la mitad donde se coloca la planta.

Las espumas favorecen a la planta ya que mantiene la humedad y el desarrollo ra-

dicular de las plántulas. Si bien se pueden encontrar en los mercados hidropónicos, como un método de reutilización y cuidado medio ambiental, se recomienda utilizar las espumas provenientes de colchones que ya cumplieron su ciclo de vida y que no tienen una disposición final. A estos colchones se le realizan distintos cortes con las medidas deseadas, contribuyendo así al cuidado del medio ambiente y a la reducción de costos del cultivo.

- **Bolsas o empaque para las plantas:** para la cosecha, poscosecha y comercialización del producto final (la lechuga), los mercados exigen que el producto esté empacado en una bolsa especial, por lo que es necesario la compra de estas bolsas para la lechuga hidropónica, las cuales están elaboradas con materiales biodegradables.

Materiales necesarios para la construcción del sistema de captación de agua

El sistema de captación se instaló en el techo de la casa ubicada en la finca, con el fin de aprovechar el agua lluvia que cae en el techo para captarla y recolectarla. En este caso, se utilizó un sistema de captación y almacenamiento proporcionado por la Corporación Autónoma Regional (CAR) de Cundinamarca, en su programa Lluvia para la Vida, donde se proporcionaron los diferentes materiales para la construcción de estos sistemas, los cuales son:

Canales: son plásticos de 3 metros, de una forma cuadrada y sin una cara, es por esta parte donde se recolecta el agua del techo.

Soportes: son metálicos y tienen la función de sujetar los canales hacia el techo.

Bajantes: es un tubo cuadrado o redondo, su función es transportar el agua recolectada desde los canales hasta el sitio de almacenamiento.

Tanque: es de plástico y es utilizado para el almacenamiento del agua colectada; en este caso, el proyecto incluye un tanque de 1000 litros.

Metodología de la construcción del sistema hidropónico

Para la construcción del sistema hidropónico se inició con la selección de la parte del terreno donde se ubicó el sistema, para lo cual se analizaron los diferentes factores:

1. Sector más plano del terreno.
2. Sitio de más fácil acceso.
3. Lo posiblemente más cercano a la vivienda para el servicio de energía.
4. Lo más cerca del sistema de captación y almacenamiento de agua.
5. Sitio con una buena entrada de luz para el adecuado metabolismo de las plantas.

Construcción de la estructura o pirámides

Después de analizar los factores mencionados en el terreno, se procedió a seleccionar el sitio donde se establecería el sistema, iniciando con la construcción de la estructura. Para la construcción, con la madera de la finca se armó una estructura en forma de triángulo. Cada pirámide tuvo cinco triángulos de madera, ubicados a una distancia de 1,50 m entre uno y otro. El sistema implementado lo conforman dos pirámides, por lo que fue necesario construir diez estructuras en forma de triángulo, estas debían quedar correctamente alineadas y niveladas para sujetar los tubos. La estructura desarrollada en el proyecto quedó como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Estructura de madera formando el triángulo



Fuente: Autores.

Realización del sistema de alimentación

Para la alimentación del sistema hidropónico o el bombeo de la solución nutritiva, fue necesaria la construcción de un sistema de distribución que permitiera conducir la mezcla desde el tanque de almacenamiento hacia los tubos de cultivo. En el tanque se ubicó la bomba utilizada, a la que se le conectó una manguera lechosa de $\frac{3}{4}$ pulgadas, la cual se dirige de manera vertical desde el tanque o de la bomba hasta el nivel de los tubos más altos.

En este punto, se instaló una T que distribuye el agua hacia los dos lados, donde se ubica cada pirámide, y se colocaron dos llaves —una en cada salida de la T— para permitir cerrar o abrir el flujo de solución nutritiva hacia cada una de las pirámides. A un metro de la primera T, hacia ambos lados, se agregó la segunda T, la cual alimenta los primeros dos tubos (uno por cada lado de las pirámides). Desde la segunda T la manguera continúa 70 cm hasta el otro tubo, donde se conecta para alimentar otro tubo y el lado opuesto de la pirámide.

En medio de este tramo se añadió otra llave para controlar que el flujo de solución nutritiva sea

igual hacia los dos lados de la pirámide. Con este sistema de distribución se alimentan dos tubos de cada pirámide, para un total de cuatro tubos en todo el sistema. Cada uno de estos tubos tiene la función de alimentar a los tres restantes de cada lado. El sistema de alimentación se muestra en la figura 2.

Figura 2. Tubería colocada y amarrada hacia la estructura piramidal



Fuente: Autores

Realización del sistema de drenaje

El sistema de drenaje es el encargado de circular la solución nutritiva, alimentando del primer tubo al segundo, del segundo al tercero, del tercero al cuarto y, por último, el retorno de la solución nutritiva desde el cuarto tubo al tanque.

Para la construcción de este sistema se utilizaron tapas de 3 pulgadas, una manguera de lavadora y silicona de poliuretano. Con la ayuda de un taladro y una broca o copa sierra de 32 mm, se realizó una perforación hacia un extremo de la circunferencia de la tapa. Luego, se cortó un trozo de manguera de unos 40 cm y se pegó uno de los extremos con la silicona de poliuretano hacia la perforación de la tapa. El otro extremo se adhirió de la misma manera a otra tapa, permitiendo así conectar dos tubos entre sí.

Se repitió el mismo proceso para todos los tubos, excepto para un extremo del último, donde únicamente se colocó una tapa. El otro extremo de la manguera se dirigió hacia el tanque de almacenamiento, por donde retorna la solución nutritiva.

Figura 3. Tapas y manguera de drenaje encargadas de la recirculación



Fuente: Autores

Obtención de un sistema hidropónico

Con la realización de los procesos de construcción mencionados se obtiene la construcción del sistema hidropónico. Este es un sistema realizado a bajo costo, ya que algunos de los materiales utilizados se encontraban disponibles en la finca, como es el caso de la madera utilizada para la estructura de este. Además, se recurrió al uso de materiales reciclables, como es el caso de las

bandas elásticas que habían cumplido su función en las llantas de los automóviles. En lugar de desecharlas —lo que implicaría contribuir a la contaminación medio ambiental—, en este proyecto se les dio una disposición final útil, contribuyendo al cuidado del medio ambiente y reduciendo costos en el sistema, especialmente en la parte de amarrar de la tubería de cultivo.

Como resultado final, se obtuvo un sistema hidropónico tipo NFT mixto, de tipo piramidal recirculante. En el sistema piramidal se aprovecha el espacio, mientras que el sistema NFT brinda la recirculación de la solución nutritiva cada cierto tiempo, así como también mantiene porción de la solución nutritiva en la tubería para que las plantas se alimenten durante los periodos sin riego. De esta forma, si se presentan fallas en el servicio de energía, las plantas pueden contar con solución nutritiva para su nutrición mientras no haya servicio de energía para el funcionamiento de la bomba.

Como producto final, se tiene un sistema hidropónico conformado por dos pirámides. Cada pirámide soporta ocho tubos cultivo, distribuidos en cuatro tubos a cada lado de la pirámide, obteniendo un sistema hidropónico compuesto por dieciséis tubos en total. Como se mencionó, cada tubo tiene la capacidad de soportar 30 plantas, por lo que en el sistema se cuenta con una capacidad de soporte para 480 plantas de manera simultánea.

Para el sistema hidropónico se cuenta con un sistema de bombeo, que está conformado por un tanque de almacenamiento de 500 L, una bomba sumergible encargada de la distribución de la solución nutritiva y demás accesorios que hacen posible la distribución de la solución nutritiva, la recirculación y el retorno de esta hacia el tanque de almacenamiento.

Figura 4. Sistema hidropónico construido en producción



Fuente: Autores

Producción de lechuga en el sistema hidropónico realizado

Para la producción del cultivo de lechuga hidropónica, es necesario implementar diferentes procesos, materiales y equipos importantes que garanticen un correcto desarrollo del cultivo. La producción de lechuga hidropónica no abarca todo el ciclo de vida de la planta dentro del sistema hidropónico, es decir, la siembra de la lechuga no se hace directamente en el sistema hidropónico. En la etapa inicial —que comprende la siembra, la germinación y el comienzo del desarrollo vegetal— el cultivo se lleva a cabo en almácigos.

Se puede decir que la producción de lechuga hidropónica tiene dos fases: la fase de almácigo y la de trasplante y desarrollo en el sistema hidropónico. En la etapa de almácigo no se necesita del sistema hidropónico; este se utiliza en la etapa de trasplante definitivo, donde la planta completa su desarrollo hasta la cosecha.

A continuación se describen cada uno de los procesos para la producción de la lechuga hidropónica, así como los materiales y equipos necesarios.

Proceso de producción de la lechuga hidropónica

Siembra

Para iniciar el ciclo de cualquier cultivo se debe realizar la siembra. Para el caso de la lechuga hidropónica, en este proyecto el proceso de la siembra se realiza de la siguiente manera:

1. Se desinfecta la bandeja de germinación utilizando agua con desinfectante. Esto puede ser con cloro al 10 % para evitar posibles patógenos que se alberguen en la bandeja.
2. Se prepara el sustrato. Como se utiliza la turba, esta se debe humedecer agregando agua lentamente, de manera que obtenga un nivel de humedad óptimo, ni muy húmedo ni muy seco, facilitando así el manejo de la turba.
3. Se agrega la turba preparada a la bandeja de germinación. Con las manos se esparce suavemente por todos los alveolos, sin generar presión, para evitar compactación y mantener una buena porosidad y aireación.

4. Con la ayuda de cualquier material, puede ser un trozo pequeño de madera previamente desinfectado, se realiza un pequeño hueco en la turba para cada uno de los alveolos de la bandeja.
5. Por último, se agrega una semilla de lechuga en cada uno de los huecos realizados en cada alveolo. Luego, se cubren todos los huecos y las semillas con una fina capa del sustrato, con ayuda de un aspersor de gota fina, se rocían con agua y se guarda la bandeja en un lugar fresco, preferiblemente a oscuras.

Figura 5. Bandejas de germinación sembradas



Fuente: Autores

Luego de haber realizado los cinco pasos de la siembra y haber guardado la bandeja sembrada en un lugar fresco y oscuro, se debe supervisar diariamente y realizar una leve aspersión de agua. Al tercer o cuarto día las semillas empiezan a brotar del sustrato; es ahí donde se debe sacar la bandeja a un lugar con entrada de luz, ya que, si se deja la bandeja por más tiempo a oscuras, las plantas comienzan un proceso de etiolación, donde el tallo se puede alargar y crecer muy delgado. Esto se da por el fototropismo, que es la búsqueda de luz por parte de las plantas.

Desarrollo vegetativo en almácigos

Luego de la siembra y germinación, comienza el desarrollo de las plántulas en almácigos. Se debe regar durante los primeros cinco días después de sacar las bandejas a la luz, y luego comienza un proceso de adaptación a la hidroponía. El almácigo cuenta con las siguientes medidas: 90 cm de largo, 60 cm de ancho y 10 cm de alto, y se recubrió con un plástico.

Figura 6. Bandejas de germinación en la piscina de almácigos



Fuente: Autores

En esta etapa, se agrega una capa de solución nutritiva en rangos requeridos de pH y Conductividad Eléctrica, CE, y se colocan las bandejas de germinación. Como estas bandejas cuentan con unos orificios por la parte de debajo de cada alveolo, permiten que la solución nutritiva ingrese y, por capilaridad, suba por el alveolo y el sustrato hasta llegar a la raíz. De esta manera, las plántulas se empiezan a alimentar de la solución nutritiva desde los 8 o 9 días después la siembra. En las bandejas de germinación y con este sistema de alimentación, las plántulas pueden durar de 25 a 30 días después de la siembra, con un monitoreo diario de parámetros; es ahí donde ya estarán listas para la siguiente etapa: el trasplante.

Figura 7. Desarrollo de las plantas durante las cuatro semanas después del trasplante



Fuente: Autores

En la semana cuatro, las plantas comienzan a mostrar su tamaño de comercialización, presentan un buen porte grande y aún continúan en su crecimiento para llegar al tamaño ideal exigido por los mercados.

Cosecha

El momento de la cosecha de la lechuga hidropónica se da entre las 5 o 6 semanas después del trasplante. Es en este momento donde las plantas cuentan con el tamaño ideal exigido por los mercados. El proceso de cosecha se hace de manera manual: se levantan las hojas de la lechuga y se sujeta el tallo, agarrando parte de este y de la espuma colocada en el trasplante. Una vez sujeta esta parte de la planta, se tira levemente hacia arriba; de esta manera, la planta sale completa con todo y sus raíces. No se debe inclinar la planta hacia los lados al momento de tirarla, ya que podría romperse el tallo y quedar las raíces dentro del tubo.

Figura 8. Lechuga recién cosechada



Fuente: Autores.

Figura 9. Producto en canastillas apto para la comercialización



Fuente: Autores.

El producto es almacenado en canastillas para facilitar el proceso de transporte hacia los lugares de comercialización, así también el producto mantiene sus condiciones y no se maltrata en el transporte.

Comercialización

Al inicio, la comercialización fue un poco difícil, ya que no se tenía a quién venderle el producto, puesto que era nuevo en el mercado de la lechuga y no se tenía idea de cómo se manejaba este. Por ello, lo primero que se procedió a realizar fue una pequeña investigación del mercado donde, gracias al contacto con amigos, se pudo encontrar clientela que comprara el producto. También, se utilizó el uso de las tecnologías actuales para la venta del producto, como es el caso de la tienda Marketplace de la red social Facebook, por medio de la cual se publicó el producto y, afortunadamente, hubo varios interesados en adquirirlo. El producto se utiliza en ensaladas, en la elaboración de comidas rápidas, entre otros usos.

El precio por unidad es de 1100 pesos, y si es para sitios de comidas rápidas, varía entre 1200 a 1300 pesos. La mayor parte del producto se comercializa en Fruver, ya que es allí donde se concentra la mayor demanda.

Los días de comercialización dependen del mercado. Normalmente, para los Fruver, en la ciudad

de Chiquinquirá se manejan los siguientes días de mercado: martes en la tarde o miércoles en la mañana y sábado en la tarde o domingo en la mañana. Generalmente, se acostumbra a comercializar la lechuga los días miércoles y domingo en la mañana. De igual forma, se aprovechan esos días para comercializarla también en los restaurantes o sitios de comidas rápidas, aunque en estos sitios se puede comercializar cualquier día de la semana.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los aspectos de los resultados obtenidos se centraron en el aprovechamiento de agua como recurso primordial, especialmente en estos tiempos en que los efectos del cambio climático hacen necesario el manejo óptimo del recurso hídrico. Otro aspecto relevante fue el de los costos. El rendimiento y la eficiencia del uso del agua para la producción de lechuga oscilaron entre 0.10 y 1.20 kg m⁻², así como de 0.21 a 2.93 kg m⁻³ de agua, respectivamente (Fernández et al., 2023).

Los trabajos de investigación sobre captación de aguas lluvias aplicada a cultivos hidropónicos están relacionados a la agricultura urbana, como el de Martínez y Garibello (2021), donde se plantea la idea de desarrollar un prototipo de sistema de

captación de aguas lluvias que, a su vez, alimente un cultivo de tipo hidropónico que puede emplearse de manera urbana. Es decir, está pensado principalmente para las ciudades, aunque determina la cantidad de agua requerida por el cultivo hidropónico, lo cual no se había realizado previamente.

Otro aspecto a determinar fueron los costos necesarios para la construcción del sistema hidropónico. Cuando se habla de los costos requeridos, se hace referencia a todos aquellos materiales y equipos que fueron necesarios para la construcción y el funcionamiento del sistema hidropónico realizado. A continuación, se presenta una lista

de los materiales y equipos utilizados.

Consumo de agua en la producción de 480 lechugas en hidroponía

Para conocer el consumo de agua de la lechuga hidropónica, se dividió el proceso en dos fases: 1) la fase de almácigos, que está conformada por las primeras cuatro semanas de desarrollo de las plántulas, y 2) la fase de desarrollo en el sistema hidropónico, conformada por seis semanas después del trasplante. Los datos de consumo de agua o solución nutritiva fueron recolectados durante tres cosechas. A continuación, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Datos de consumo recolectados durante tres cosechas

Consumo de agua de la lechuga hidropónica durante 3 cosechas			
Etapa de almácigos en 480 plantas			
Cosecha	Semana	Unidad de medida	Consumo
1	1	litros	5
	2	litros	8
	3	litros	10
	4	litros	12
	Total de consumo en almácigo		35
	Consumo en sistema hidropónico		
	1	litros	50
	2	litros	150
	3	litros	200
	4	litros	260
	5	litros	330
	6	litros	420
	Total del consumo en hidropónico		1410
	Consumo total del cultivo		1445

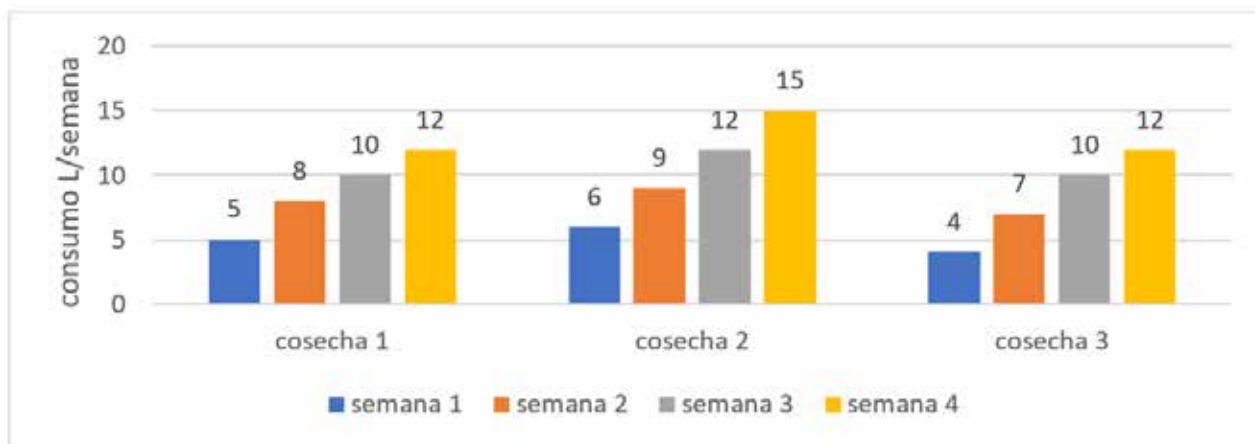
	Etapa de almácigos en 480 plantas		
Cosecha	Semana	Unidad de medida	Consumo
2	1	litros	6
	2	litros	9
	3	litros	12
	4	litros	15
	Total de consumo en almácigo		42
	Consumo en sistema hidropónico		
	1	litros	65
	2	litros	155
	3	litros	215
	4	litros	280
	5	litros	345
	6	litros	450
	Total de consumo en hidropónico		1510
	Consumo total del cultivo		1552

	Etapa de almácigos en 480 plantas		
Cosecha	Semana	Unidad de medida	Consumo
3	1	litros	4
	2	litros	7
	3	litros	10
	4	litros	12
	Total de consumo en almácigo		33
	Consumo en sistema hidropónico		
	1	litros	55
	2	litros	140
	3	litros	195
	4	litros	250
	5	litros	325
	6	litros	410
	Total consumo en hidropónico		1375
	Consumo total del cultivo		1408

Fuente: autores

En la tabla 1 se muestran los datos de consumo recolectados durante las tres cosechas. Estos están divididos para cada una de las etapas de almácigo y desarrollo en el sistema hidropónico,

para que la información presentada en la tabla 6 sea más fácil de comprender. A continuación, se muestra consignada en gráficas.

Figura 10. Consumo de solución nutritiva en almácigos

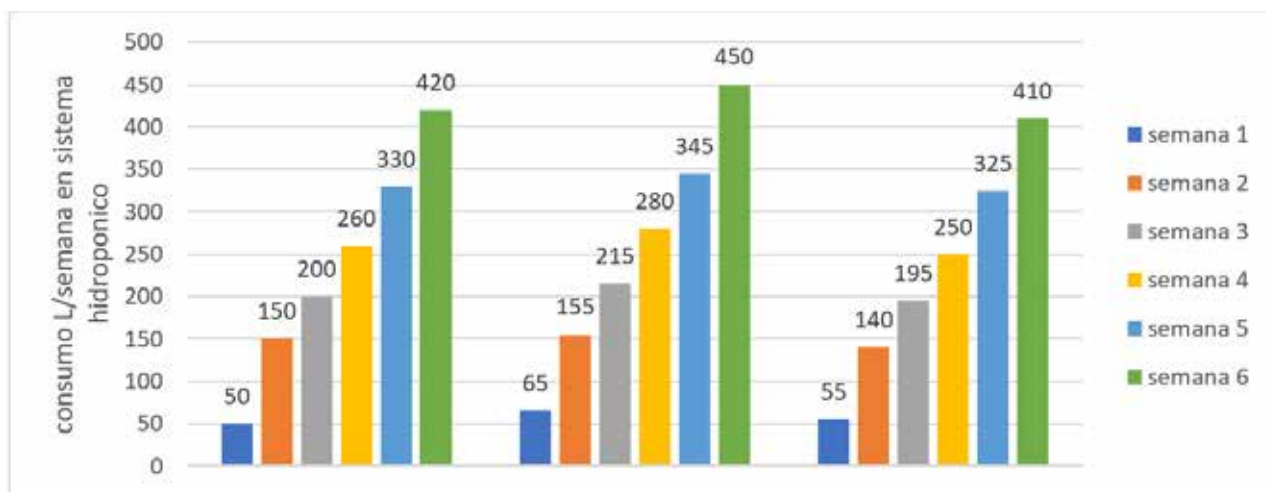
Fuente: Autores.

En la figura 10 se muestra el consumo de las plántulas de lechuga en cada cosecha. Para la etapa de almácigos, se muestra el consumo en litros correspondiente a cada una de las semanas de desarrollo. Se evidencia un consumo similar para cada una de las cosechas durante sus cuatro semanas de desarrollo, siendo evidente un mayor consumo en la cosecha 2, con un consumo total de 42 litros en la etapa de almácigo. La cosecha en la que se registró el menor consumo fue en la

cosecha 3, con un total de 33 litros. Con estos datos, se puede obtener un promedio del consumo en almácigo para las tres cosechas, para lo cual se realiza el siguiente cálculo:

$$(35+42+33)/3=110/3=36.6$$

El promedio de consumo en la etapa de almácigos fue de 36,6 litros.

Figura 11. Consumo de solución nutritiva en el desarrollo del sistema hidropónico

Fuente: autores.

En la figura 11 se muestra el consumo de solución nutritiva registrado durante las tres cosechas para la etapa de desarrollo en el sistema hidropónico, que estuvo conformada por seis semanas después del trasplante. A primera vista, en la gráfica se observa un consumo mucho mayor que en la fase de los almácigos; esto se debe a que las plantas estarían mucho más grandes que en la fase anterior. Se evidencia un aumento significativo en el consumo semana a semana, puesto que las plantas crecen y, por siguiente, su consumo es mayor. Al igual que en la etapa de almácigos, el mayor consumo se presentó en la cosecha 2 con un total de 1510 litros, y el menor

consumo se presentó en la cosecha 3 con un total de 1375 litros. El promedio de consumo en la etapa de desarrollo en el sistema hidropónico fue de:

$$(1410+1510+1375)/3=4295/3=1431.6$$

Consumo total del cultivo

El consumo total del cultivo, desde la etapa de almácigos hasta el desarrollo en el sistema hidropónico y la cosecha, se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2. Consumo total de la lechuga hidropónica en 480 plantas

Consumo total de la lechuga hidropónica en 480 plantas

		Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3
Almácigo	semana 1	5	6	4
	semana 2	8	9	7
	semana 3	10	12	10
	semana 4	12	15	12
Hidropónico	semana 5	50	65	55
	semana 6	150	155	140
	semana 7	200	215	195
	semana 8	260	280	250
	semana 9	330	345	325
	semana 10	420	450	410
Consumo total		1445	1552	1408

Fuente: autores

En la tabla 2 y la figura 12 se muestra el consumo total de las cosechas. Para la cosecha 1, se tuvo un consumo total de 1445 litros; para la cosecha 2, un consumo total de 1552 litros, siendo la cosecha con mayor consumo; y para la cosecha 3, se tuvo el menor consumo, con un total de 1408 litros. El promedio de consumo total se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$(1445+1552+1408)/3=4405/3=1468.6$$

Por lo tanto, el promedio de consumo de solución nutritiva en 480 plantas de lechuga durante todo su ciclo de vida fue de 1468,6 litros.

Plan de producción de lechuga hidropónica

A continuación, se muestra una infografía que representa un plan de producción de lechuga hidropónica. Este plan expone, de manera breve, cada una de las actividades a seguir para poder producir le lechuga, así como algunos rangos para tener en cuenta en el cultivo. Está dirigido a las personas interesadas en implementar un cultivo hidropónico, ya sean estudiantes de agronomía o alguna carrera afín con el tema, egresados, agricultores de la zona, entre otros. Además, resulta ser una guía básica de labores y manejo del cultivo de lechuga en condiciones de hidroponía en el sistema hidropónico NFT mixto.

Tabla 3. Costos de materiales y equipos del sistema hidropónico

Nombre de elemento	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Tubos 3" * 6m	Unidad	16	\$ 26.000	\$ 416.000
Tapas para tubo de 3"	Unidad	32	\$ 1.000	\$ 32.000
Puntillas de 4"	Kilogramos	2	\$ 8.000	\$ 16.000
Bandas elásticas de "neumático"	Unidad	1	\$30.000	\$30.000
Manguera de drenaje	Metros	11	\$ 4.000	\$ 44.000
Silicona de poliuretano	Unidad	1	\$ 30.000	\$ 30.000
Tanque de 500 litros	Unidad	1	\$ 190.000	\$190.000
Manguera lechosa ¾"	Metros	6	\$ 2.500	\$ 15.000
Tes de ¾"	Unidad	3	\$ 1.000	\$ 3.000
Llave de ¾"	Unidad	4	\$ 4.000	\$ 16.000
Adaptadores machos para llave	Unidad	8	\$ 1.000	\$ 8.000
Bomba sumergible	Unidad	1	\$170.000	\$ 70.000
Extensión para intemperie	Unidad	1	\$ 60.000	\$ 60.000
Cronómetro digital	Unidad	1	\$ 38.000	\$ 38.000
Broca de 2"	Unidad	1	\$ 25.000	\$ 25.000
Broca de 1 ¼"	Unidad	1	\$ 25.000	\$ 25.000
Valor total de todos los elementos necesarios				\$1.118.000

Fuente: autores.

En la tabla 3, se muestran los materiales necesarios para la construcción y funcionamiento del sistema hidropónico realizado en este proyecto. Se observa la cantidad requerida de estos, el valor unitario y el valor total. Como resultado final, los costos necesarios ascienden a un valor total de \$1.118.000 pesos colombianos. Se debe tener en cuenta que en este valor solo se contemplaron los costos del sistema hidropónico, de establecimiento y de equipos y materiales para el funcionamiento del sistema, por lo que dentro de este valor no están incluidos los costos de producción y de equipos y materiales necesitados para la producción.

Si se compara este costo con el costo de establecimiento de un sistema aeropónico, el sistema que se realizó es más económico, ya que, para implementar un sistema aeropónico con la capacidad de producir 400 plantas, se tendría que contemplar un valor de \$2.500.000 aproximadamente, porque este necesita más equipos y otros elementos. Si se compara el costo con un sistema raíz flotante, los costos serían similares al sistema implementado.

Costos de los materiales y equipos de producción

Tabla 4. Precios de los materiales y equipos utilizados en la producción de lechuga hidropónica

Nombre de elemento	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Bandejas de germinación	Unidad	4	\$ 8.000	\$ 32.000
Sustrato	Kilogramo	1	\$ 6.000	\$ 6.000
Semilla	Gramo	1	\$ 3.000	\$ 3.000
Solución nutritiva	Kit	1	\$ 30.000	\$ 30.000
Electro conductímetro	Unidad	1	\$ 40.000	\$ 40.000
pH-metro digital	Unidad	1	\$ 30.000	\$ 30.000
Hidróxido de potasio	Kilogramo	1	\$ 25.000	\$ 25.000
Ácido nítrico	Galón	1	\$ 20.000	\$ 20.000
Espumas	Unidad	1	\$ 26.000	\$ 26.000
Bolsas de cosecha	Unidad	1	\$ 75.000	\$ 75.000

Fuente: autores.

En la tabla 4 se muestra el precio de los productos utilizados en la producción de lechuga hidropónica. Esta tabla no hace referencia a los costos de producción para una cosecha en nuestro sistema

hidropónico, ya que algunos de los productos que se encuentran en la tabla 4 solo se compraron una vez y se pueden utilizar en muchas cosechas.

Tabla 5. Productos compra única para la producción hidropónica

Nombre de elemento	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Bandejas de germinación	Unidad	4	\$ 8.000	\$32.000
Electro conductímetro	Unidad	1	\$ 40.000	\$ 40.000
pH-metro digital	Unidad	1	\$ 30.000	\$ 30.000
Valor total de los productos de única compra				\$ 102.000

Fuente: autores.

En la tabla 5 se presenta el valor por compra de los productos que se requieren para la producción hidropónica, pero que se compraron una única vez. Esto significa que no se necesita comprar uno de estos para cada cosecha; por lo tanto, se pueden categorizar como costos de establecimiento sumados a los costos obtenidos en la tabla 5.

Con los datos presentados en la tabla 3, se pueden conocer los costos de producción para las 480 lechugas en el sistema hidropónico realizado en el proyecto, sabiendo que las bandejas de germinación y los medidores de pH y CE no entran en los costos de producción. En el caso del hidróxido de potasio, se necesita ½ kilogramo del kilogramo completo presentado en la tabla 4, por lo que, teniendo en cuenta el valor del kilo a \$25.000, estaríamos gastando \$12.500. Para el caso del ácido nítrico se necesitan solo 70 mililitros de los 4000 que trae el galón observado; el galón tiene un costo de \$20.000, por lo que el costo del mililitro sería de:

$$20000/4000*70= 350$$

El mililitro de ácido nítrico tiene un costo de \$5 pesos colombianos; entonces, como se necesitan 70 mililitros para hacer la mezcla de la solución ácida, esto tendría un costo de \$350 pesos. Además, una sola mezcla es suficiente para la cosecha de las 480 plantas.

El precio de las bolsas para la cosecha y comercialización de la lechuga se muestra en la tabla 3, que tienen un costo de \$75.000 pesos colombianos; este costo es para 1000 bolsas, por lo que el costo de unidad es de \$75.

El costo de la espuma presentado en la tabla 3 equivale a una lámina completa, de la cual se obtienen todas las espumas necesarias para una cosecha, es decir, para las 480 plantas.

En la tabla 6 se muestran los costos reales obtenidos en el sistema hidropónico elaborado en el proyecto, correspondientes a las cosechas ya finalizadas. Estos costos se pueden reducir en \$26.000, gracias a la reutilización de las espumas de colchones usados, quedando así los costos de producción de la siguiente manera:

Tabla 6. Costos de producción reales para una cosecha de 480 lechugas hidropónicas

Nombre de elemento	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Sustrato	Kilogramo	1	\$ 6.000	\$ 6.000
Semilla	Gramo	1	\$ 3.000	\$ 3.000
Solución nutritiva	Kit	3	\$30.000	\$ 90.000
Hidróxido de potasio	Kilogramos	½	\$25.000	\$ 12.500
Ácido nítrico	Mililitros	70	\$ 5	\$ 350
Espumas	Unidad	1	\$ 26.000	\$ 26.000
Bolsas de cosecha	Unidad	480	\$ 75	\$ 36.000
Valor total de los costos de producción para 480 lechugas hidropónicas				\$ 173.850

Fuente: autores.

Tabla 7. Costos de producción utilizando espumas de colchones usados

Nombre de elemento	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Sustrato	Kilogramo	1	\$ 6.000	\$ 6.000
Semilla	Gramo	1	\$ 3.000	\$ 3.000
Solución nutritiva	Kit	3	\$30.000	\$ 90.000
Hidróxido de potasio	Kilogramos	1	\$25.000	\$ 12.500
Ácido nítrico	Mililitros	70	\$ 5	\$ 350
Bolsas de cosecha	Unidad	480	\$ 75	\$ 36.000
Costos de producción totales con ahorro en el gasto de espumas				\$ 147.850

Fuente: autores.

CONCLUSIONES

La hidroponía ayuda a producir cultivos de manera más rentable por su método de nutrición; el ahorro de fertilizantes es más eficiente y, además, no se utilizan productos agroquímicos para el control de enfermedades y plagas, lo que genera una reducción significativa de los costos de producción.

El aprovechamiento del espacio en la hidroponía se utiliza de la mejor manera, pudiendo sacar muchas más cosechas, de manera constante, sin correr el riesgo de que este pierda la fertilidad, como se puede presentar en los cultivos tradicionales que usan el suelo.

La hidroponía es una alternativa que se puede utilizar tanto para reducir el impacto de la agricultura tradicional como para la producción de alimentos sostenibles que contribuyan con la seguridad alimentaria de la región, dado que la comunidad consumidora es cada vez más exigente con alimentos sanos e inocuos.

Con el desarrollo del proyecto se pudo comprobar que, efectivamente, la hidroponía sí contribuye al mejor aprovechamiento de los recursos hídricos y constituye una alternativa viable para que el productor mitigue el efecto del cambio climático.

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

Primer autor: metodología, investigación, análisis y toma de datos, conceptualización, logística, adquisición de recursos, escritura y borrador original.

Segundo autor: investigación, conceptualización, análisis de datos, escritura, revisión y edición.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Abierta y a Distancia (UNAD) por abrirnos sus puertas y facilitarnos la oportunidad de publicar este artículo. De igual forma, a los docentes de esta prestigiosa institución educativa, especialmente a los docentes y monitores del Centro de Educación Abierta y Distancia (CEAD) de Chiquinquirá.

LITERATURA CITADA

- Fernández, H. A., Salazar-Moreno, R., Fitz-Rodríguez, E., López Cruz, I. L., Schmidt, U. y Dannehl, D. (2023). Rendimientos y eficiencia en el uso del agua de lechuga y tomate cherry en jardines urbanos. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 14(5), 220–256. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9080786>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2002). Despilfarro y mal uso del agua. In Agua y Cultivos. FAO. <https://www.fao.org/4/y3918s/y3918s05.htm>
- GroHo. (2020, 6 de mayo). *Perfeccione el pH de la solución nutritiva*. Blog GroHo. <https://www.groho.es/post/perfeccione-el-ph-de-la-solucion-nutritiva>
- Hernández Villaseñor, R (2022). *¿Qué es la conductividad eléctrica?* Hydro Environment. https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=35
- López, c. (2001, 11 de abril). *Conceptos básicos de producción*. GestioPolis. <https://www.gestiopolis.com/conceptos-basicos-produccion/>
- Marín Suárez, J. C. y Garibello Amaya, K. C. (2021). *Propuesta de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias con aplicación a un cultivo hidropónico en una vivienda urbana* [Trabajo de grado de pregrado]. Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería. <https://ciencia.lasalle.edu.co/items/610b3fd5-9c35-4f7c-9b6e-2ba11c8f1f40>



Licencia de Creative Commons

Revista Agricolae & Habitat is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.



EL SILICIO: ELEMENTO FUNDAMENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE CULTIVOS DE ROSA FRENTE A PLAGAS Y ENFERMEDADES

SILICON: FUNDAMENTAL ELEMENT FOR THE PROTECTION OF ROSE CROPS AGAINST PESTS AND DISEASES

Mariluz Izariza Alarcón

Perfil e Institución: Estudiante de la Universidad nacional abierta y a Distancia (UNAD)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2008-5650>

Email: mizarizaa@unadvirtual.edu.co

Yenny Maritza Camacho Torres

Perfil e institución: Docente en la Universidad nacional abierta y a Distancia (UNAD)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8668-6274>

Email: yenny.camacho@unad.edu.co

Marisela Castro Solera

Perfil e Institución: Estudiante de la Universidad nacional abierta y a Distancia (UNAD)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7010-8476>

Email: mcastrosole@unadvirtual.edu.co

Citación: Izariza Alarcón, M., Camacho Torres, Y.M. y Castro Solera, M. (2025).

El silicio: elemento fundamental para la protección de cultivos
de rosa frente a plagas y enfermedades.

Agricolae & Habitat, 8(2), (30-37). 10.22490/26653176.10136

RESUMEN

Contextualización del tema: una de las enfermedades más comunes y limitantes en los cultivos de rosa de tipo exportación es el mildew polvoroso (*Sphaerotheca pannosa*). Por ello, se vienen planteando alternativas para el manejo de la enfermedad basadas en el uso de diferentes prácticas e ingredientes activos. De igual forma, llama la atención cómo el uso de fuentes de silicio se consolida como una alternativa válida para la protección de tejidos y la resistencia al ataque de enfermedades.

Vacío de investigación: Debido a ello, se han desarrollado distintas investigaciones que buscan evaluar la eficacia de las aplicaciones foliares e incluso edáficas con diferentes dosis de silicio para el control de una enfermedad como lo es el mildew polvoroso en rosa (*Rosa* spp). Estas investigaciones se basan en la posible acumulación de este elemento en los tejidos de la planta, lo que lo convierte en un inductor de resistencia, permitiendo evaluar la incidencia y severidad de la enfermedad en condiciones de campo. Todo esto se fundamenta en estudios similares desarrollados y aplicados.

Propósito del estudio: esta investigación se centra en la necesidad de contar con un respaldo científico que permita identificar alternativas eficientes en el control de mildew polvoroso (*sphaerotheca pannosa*) en cultivos de rosa (*Rosa* spp). Esto se fundamenta en la importancia que este cultivo representa para productores y exportadores de flores a nivel nacional, teniendo en cuenta que esta enfermedad afecta a la totalidad de plantas, ocasionando daños en hojas, tallos, pedúnculos, sépalos y pétalos, los cuales se reflejan en la productividad y calidad de la rosa (*Rosa* spp) de tipo exportación. Se han identificado enfermedades como Botrytis, muerte descendente y agallas de coronas, tallos y hojas, que representan un desafío significativo para la sostenibilidad de los cultivos en Colombia (García & López, 2022)

Metodología: para lograr este propósito, se propone realizar una consulta bibliográfica sobre las alternativas asociadas al uso de diferentes fuentes de silicio, que puedan contribuir en la mitigación de las enfermedades de importancia económica en el cultivo de la rosa. Además, se busca establecer una estrategia de manejo de fuentes de silicio aplicada al control de mildew polvoroso en rosa.

Resultados y conclusiones: a partir de la revisión se confirma que el silicio representa una alternativa eficiente para el manejo del mildew polvoroso (*Sphaerotheca pannosa*) en cultivos de rosa de tipo exportación

Palabras clave: silicio, rosa, mildew polvoroso, *sphaerotheca pannosa*, flores de corte.

ABSTRACT

Contextualization: one of the most common and limiting diseases in export-quality rose crops is powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa*). Therefore, alternatives for managing the disease are being proposed based on the use of different practices and active ingredients. Similarly, the use of silicon sources is gaining traction as a valid alternative for tissue protection and disease resistance.

Knowledge gap: Consequently, various studies have been conducted to evaluate the efficacy of foliar and even soil applications of different doses of silicon for controlling powdery mildew in roses (*Rosa* spp.). These studies are based on the potential accumulation of this element in plant tissues, which makes it a resistance inducer, allowing for the evaluation of disease incidence and severity under field conditions. All of this is based on similar studies that have been developed and applied.

Purpose of the study: This research focuses on the need for scientific support to identify efficient alternatives for controlling powdery mil-

dew (*Sphaerotheca pannosa*) in rose (*Rosa* spp.) crops. This is based on the importance of this crop for flower producers and exporters nationwide, considering that this disease affects all plants, causing damage to leaves, stems, peduncles, sepals, and petals, which impacts the productivity and quality of export-quality roses (*Rosa* spp.). Diseases such as Botrytis, dieback, and crown, stem, and leaf galls have been identified as significant challenges to the sustainability of rose cultivation in Colombia García & López, 2022.

Methodology: To achieve this purpose, a literature review will be conducted on alternatives associated with the use of different silicon sources that can contribute to mitigating economically important diseases in rose cultivation. Furthermore, the aim is to establish a silicon source management strategy for controlling powdery mildew in roses.

Results and conclusions: The review confirms that silicon represents an efficient alternative for managing powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa*) in export-quality rose crops.

Keywords: silicon, rose, powdery mildew, *Sphaerotheca pannosa*, cut flowers.

1. INTRODUCCIÓN

La floricultura en Colombia representa uno de los sectores más dinámicos de la agroindustria, con una participación significativa en el mercado internacional. En 2025, el país exportó más de 2200 millones de tallos, consolidándose como uno de los principales productores de flores de corte a nivel mundial (Rovensa Next Colombia, 2025). Dentro de este contexto, el cultivo de rosa tipo exportación se destaca por su alta demanda y exigencia en calidad, lo que obliga a los productores a implementar estrategias de manejo fitosanitario eficientes.

Una de las principales amenazas para este cultivo es el mildew polvoso (*Sphaerotheca pannosa*),

enfermedad fúngica que afecta hojas, tallos, sépalos y pétalos, disminuyendo la calidad comercial de la flor. El control convencional mediante fungicidas ha generado resistencia en el patógeno, además de impactos ambientales y económicos. Por ello, se han explorado alternativas como el uso de silicio, elemento que, aunque no esencial, ha demostrado mejorar la resistencia de las plantas frente a factores bióticos y abióticos (PortaFrutícola, 2025; Díaz, 2012).

Este artículo presenta una revisión bibliográfica sobre el uso del silicio en el manejo del mildew polvoso en rosas de corte, analizando su eficacia, métodos de aplicación, dosis recomendadas y efectos en la calidad postcosecha.

Metodología

Este estudio corresponde a una revisión bibliográfica orientada a identificar el papel del silicio en el manejo del mildew polvoso (*Sphaerotheca pannosa*) en cultivos de rosa tipo exportación.

Estrategia de búsqueda

Se realizó una consulta sistemática en bases de datos académicas como Scopus, ScienceDirect, Google Scholar, Redalyc y repositorios institucionales. La búsqueda se desarrolló entre febrero y mayo de 2025.

Palabras clave utilizadas

"Silicio", "rosa", "mildew polvoso", "*Sphaerotheca pannosa*", "flores de corte".

Criterios de inclusión

- Artículos publicados entre 2005 y 2025.
- Estudios con acceso completo.
- Investigaciones que presentaran resultados cuantitativos sobre incidencia/severidad de enfermedades, calidad de flor y métodos de aplicación de silicio.

Criterios de exclusión

- Revisiones sin análisis comparativo.
- Estudios sin datos experimentales.
- Artículos que no abordaran el cultivo de rosa.

Proceso de selección

Se identificaron inicialmente 48 documentos, de los cuales 20 cumplieron con los criterios establecidos. Se extrajeron datos sobre:

- Fuente de silicio (silicato de potasio, ácido silícico, nanopartículas, entre otros).
- Método de aplicación (foliar, edáfico, fertirrigación).
- Variedad de rosa.
- Dosis aplicada.
- Resultados sobre incidencia/severidad del mildew polvoso.
- Efectos en calidad postcosecha.

Justificación científica

El silicio es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre, representando aproximadamente el 28 % de su composición (Portal-Frutícola, 2025). Aunque no se considera esencial para las plantas, algunos estudios han demostrado que su presencia mejora el crecimiento, la resistencia hídrica, la absorción de nutrientes y la tolerancia a factores ambientales (Díaz, 2012; Piedrahita, 2008).

En cultivos de rosa (*Rosa* spp.), se ha evidenciado que la fertilización con silicio reduce significativamente la incidencia del mildew polvoso, mejora el diámetro y longitud del tallo floral, y prolonga la vida postcosecha (Albornoz, 2016; Geerdink et al., 2020; El-Serafy, 2019). Además, su aplicación foliar ha demostrado ser efectiva en la mejora del estado nutricional en variedades como 'Snowflake' y 'Freedom' (Guio-Rodríguez et al., 2023; Metroflor, 2025).

Diversos factores como la variedad de rosa, el tipo de suelo, la fuente de silicio y el método de aplicación pueden influir en la efectividad del tratamiento (Wiese et al., 2007; Greger et al., 2018). Por ello, esta revisión busca sintetizar los hallazgos más relevantes y proponer estrategias de manejo agronómico basadas en evidencia científica.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La revisión bibliográfica permitió identificar que el silicio cumple un papel fundamental en el fortalecimiento estructural de los tejidos vegetales, incrementando la capacidad de defensa de las plantas frente a plagas y enfermedades. En cultivos de gramíneas, frutales y ornamentales, su aplicación ha demostrado mejorar la rigidez celular, reducir el impacto de factores bióticos y abióticos, y optimizar el rendimiento agrícola (Portal-Frutícola, 2025; Díaz, 2012; Piedrahita, 2008).

En el caso específico de la rosa de corte (*Rosa* spp.), diversos estudios reportan que el silicio forma una barrera protectora en la superficie de la flor, dificultando la adhesión y propagación de patógenos como *Sphaerotheca pannosa*, agente causal del mildew polvoso (Albornoz et al., 2016; Metroflor, 2025). Además, se ha evidenciado que su aplicación mejora la absorción de nutrientes esenciales como calcio, magnesio y manganeso, promoviendo una floración más saludable y duradera (Guio-Rodríguez et al., 2023).

En términos de calidad postcosecha, el silicio contribuye a la preservación de la firmeza de los pétalos, minimizando daños mecánicos y fisiológicos que afectan la comercialización. Su acción antioxidante reduce el deterioro causado por la peroxidación lipídica y los radicales libres del oxígeno, factores clave en el envejecimiento celular de la flor (El-Serafy, 2019).

Tabla 1. Comparación de estudios revisados sobre aplicación de silicio en rosa de corte

Comparación de estudios revisados

Estudio	Fuentes de silicio	Método de aplicación	Variedad	Reducción de mildew (%)	Mejora postcosecha
Albornoz et al. (2016)	Silicato de potasio	Edáfico	Freedom	45	Sí
Guio-Rodríguez et al. (2023)	Ácido silícico	Foliar	Snowflake	50	Sí
López (2024)	Silicio líquido	Foliar	Red Naomi	60	Sí

Fuente: elaboración propia con base en Albornoz et al. (2016), Guio-Rodríguez et al. (2022) y López (2024).

Los resultados indican que la aplicación estratégica de silicio puede ofrecer ventajas significativas en el manejo del mildew polvoso y en la calidad postcosecha de la rosa de corte. Sin embargo, su efectividad depende de factores como la variedad cultivada, el tipo de suelo, las condiciones ambientales y la fuente de silicio utilizada (Wiese et al., 2007; Greger et al., 2018).

Discusión crítica

Aunque los beneficios del silicio son evidentes, se identificaron los siguientes vacíos en la literatura:

- Falta de estudios de campo a gran escala en condiciones comerciales.
- Escasa estandarización en dosis y frecuencia de aplicación.
- Poca evaluación comparativa entre variedades de rosa de exportación.

Por lo tanto, se recomienda realizar ensayos experimentales que evalúen distintas dosis y métodos de aplicación (fertirrigación y aspersión foliar), considerando variables como incidencia/severidad del mildew polvoso, absorción de nutrientes, calidad postcosecha y rentabilidad económica. La eva-

luación de la respuesta de diferentes variedades permitirá definir protocolos de aplicación ajustados a cada tipo de producción, asegurando que la implementación del silicio sea viable y rentable para los productores.

3. CONCLUSIONES

La revisión bibliográfica realizada confirma que el silicio representa una alternativa eficiente para el manejo del mildew polvoso (*Sphaerotheca pannosa*) en cultivos de rosa de tipo exportación. Su aplicación, tanto foliar como edáfica, ha demostrado beneficios significativos en la reducción de enfermedades, el fortalecimiento de los tejidos vegetales y la mejora de la calidad postcosecha.

La determinación de dosis óptimas y los métodos de aplicación adecuados permitirán establecer estrategias de manejo agronómico que optimicen la producción, prolonguen la vida útil de la flor y aseguren un producto competitivo en el mercado internacional. Estos beneficios son especialmente relevantes para el sector floricultor colombiano, que ha mostrado un crecimiento sostenido y una fuerte orientación hacia la exportación.

No obstante, se requiere continuar con estudios experimentales que evalúen la respuesta de diferentes variedades de rosa, considerando factores como el tipo de suelo, las condiciones ambientales y la fuente de silicio utilizada. La estandarización de protocolos de aplicación será clave para garantizar la viabilidad técnica y económica de esta estrategia.

Finalmente, la integración del silicio en los programas de fertilización y manejo fitosanitario puede contribuir significativamente a la sostenibilidad, productividad y competitividad del cultivo de rosas de corte en Colombia.

LITERATURA CITADA

- Albornoz, C., Silva, A. y Torres, F. (2016). Fertiriego con silicio en variedades de rosa sobre la severidad de mildew polvoso (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 84–94. <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.55>
- Díaz, J. (2012). El papel del silicio en la resistencia a enfermedades en las plantas. Intagri. <https://www.intagri.com>
- El-Serafy, R. S. (2019). Silica nanoparticles enhance physio-biochemical characters and postharvest quality of *Rosa hybrida* L. cut flowers. *Journal of Horticultural Research*, 27(1), 1–10. <https://doi.org/10.2478/johr-2019-0006>
- García, H. O., & López, J. M. (2022, 7 de julio). Desafíos fitopatológicos de la producción de rosas en Colombia. *Redagícola*. <https://redagricola.com/desafios-fitopatologicos-de-la-produccion-de-rosas-en-colombia/>
- Geerdink, G. M., Orsi, B., Tezotto-Uliana, J. V., Pessoa, C. O., Sasaki, F. F. y Kluge, R. A. (2020). Pre-harvest silicon treatment improves quality of cut rose stems and maintains postharvest vase life. *Journal of Plant Nutrition*, 43(10), 1418–1426. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1730894>
- Greger, M., Landberg, T. y Vaculík, M. (2018). Silicon influences soil availability and accumulation of mineral nutrients in various plant species. *Plants*, 7(2), 41. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1730894>
- Guio-Rodríguez, V. A., Álvarez Herrera, J. G., & Gutiérrez Villamil, D. A. (2023). Estado nutricional en rosa hidropónica “Snowflake” bajo diferentes tratamientos de silicio. *Acta Agronómica*, 71(3), 303–310. <https://doi.org/10.15446/acag.v71n3.105681>



Licencia de Creative Commons

Revista Agricolae & Habitat is licensed under a Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

- López, E. M. (2024). Efecto de la aplicación foliar y edáfica de silicio sobre el estatus nutricional del tallo floral y la poscosecha en rosa (*Rosa × hybrida* L.) cv. 'Brighton' [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstreams/2c9673cb-60ea-4c8e-b0f5-89c0d16e2503/download>
- Metroflor. (2025, 3 de febrero). ORSILIK: La importancia del silicio en flores de corte. Metroflor Colombia. <https://www.metroflorcolombia.com/orsilik-la-importancia-del-silicio-en-flores-de-corte/>
- Piedrahíta, W. (2008). *El papel del silicio en la nutrición y resistencia de las plantas*. Universidad Nacional de Colombia. <https://bibliotecavirtual.unad.edu.co>
- PortalFrutícola. (2025, 17 de marzo). La importancia del silicio en el crecimiento vegetal. *PortalFrutícola*. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2025/03/17/silicio/>
- Rovensa Next Colombia. (2025, 26 de febrero). Colombia, potencia mundial en floricultura: crecimiento, sostenibilidad e innovación. *Rovensa Next*. <https://www.rovensanext-latam.com/es-co/noticias/floricultura-colombiana/>
- Wiese, H., Nikolic, M., & Römheld, V. (2007). Silicon in plant nutrition. En B. Sattelmacher & W. J. Horst (Eds.), *The apoplast of higher plants: Compartment of storage, transport and reactions* (pp. 33–47). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5843-1_3



PERCEPCIÓN COMUNITARIA SOBRE EL IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES EXTRACTIVAS DEL PETROLEO EN LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO - VEREDA LA MESA, PAICOL (HUILA)

COMMUNITY PERCEPTION OF THE IMPACT OF OIL EXTRACTIVE ACTIVITIES ON THE AVAILABILITY OF WATER RESOURCES - VEREDA LA MESA, PAICOL (HUILA)

Diana Cristina Medina Valencia

Ingeniera agrícola, especialista en Biotecnología Agraria,
magíster en Tecnología Educativa.

Universidad Nacional Abierta y Distancia - ECAPMA

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7767-4949>

cristina.medina@unad.edu.co

Yuberica Fernanda Diaz Embus

Ingeniera agroforestal, especialista en Sistemas de Gestión de la Seguridad
y Salud en el Trabajo. Universidad Nacional Abierta y Distancia - ECAPMA

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7434-2375> yuberica.diaz@unad.edu.co

Citación: Medina, D. y Diaz, Y. (2025). Percepción comunitaria
sobre el impacto de las actividades extractivas del petróleo
en la disponibilidad del recurso hídrico - vereda La Mesa, Paicol (Huila).
Agricolae & Habitat, 8(2), (37-48). 10.22490/26653176.10035

RESUMEN

Contextualización: la disponibilidad y calidad del recurso hídrico en zonas rurales afectadas por actividades extractivas es una preocupación creciente en Colombia y América Latina, dado su impacto sobre la agricultura, la ganadería y la seguridad alimentaria. En la vereda La Mesa (Paicol, Huila), la explotación petrolera de más de cinco décadas ha modificado los patrones de caudal y las características fisicoquímicas de fuentes naturales de agua, amenazando la sostenibilidad local.

Vacío de conocimiento: aunque existen estudios sobre contaminación por hidrocarburos en la Orinoquía (Mariño, 2023) y sobre los efectos de la exploración petrolera en la calidad de las aguas superficiales (Luswet et al., 2022), hay pocas investigaciones que integren las percepciones y estrategias comunitarias de adaptación. En particular, existe un vacío de conocimiento sobre cómo las respuestas sociales y culturales moldean la resiliencia frente al deterioro hídrico inducido por la industria petrolera.

Propósito: este estudio tuvo como objetivo analizar, desde la perspectiva de la teoría fundamentada, las percepciones, prácticas y demandas de los habitantes de La Mesa en relación con el impacto de la actividad petrolera sobre el abastecimiento y la gestión del agua.

Metodología: se realizaron tres entrevistas semiestructuradas a líderes de la Junta de Acción Comunal de La Mesa. Los datos fueron transcritos y analizados en ATLAS.ti mediante codificación abierta (identificación de unidades de significado), axial (relación entre categorías) y selectiva (consolidación de la categoría central). Se cuantificó la frecuencia de citas y se ejemplificaron los hallazgos con fragmentos textuales.

Resultados y conclusiones: emergieron cinco categorías temáticas: acceso y disponibilidad del agua; calidad y tratamiento; impacto de actividades extractivas; prácticas de conservación comunitaria; y expectativas y propuestas

institucionales. La categoría central, *resiliencia comunitaria frente al deterioro hídrico por actividades extractivas*, articula cómo la comunidad ha implementado reservorios, el aislamiento de nacederos y la reforestación como estrategias de adaptación. Sin embargo, la persistente desconfianza hacia empresas e instituciones limita la efectividad de intervenciones externas. Se concluye que las políticas de gestión hídrica deben integrar el saber local, garantizar la transparencia en procesos de licenciamiento y compensación, y escalar las prácticas comunitarias en planes municipales y departamentales para fortalecer la gobernanza del agua.

Palabras clave (AGROVOC): agua, industrias extractivas, capacidad de adaptación, gestión del agua, conservación.

ABSTRACT

Contextualization: the availability and quality of water resources in rural areas affected by extractive activities is a growing concern in Colombia and Latin America due to its impact on agriculture, livestock, and food security. In the village of La Mesa (Paicol, Huila), more than five decades of oil exploitation have altered the flow patterns and physicochemical characteristics of natural water sources, threatening local sustainability.

Knowledge gap: although there are studies on hydrocarbon contamination in the Orinoquía region (Mariño, 2023) and the effects of oil exploration on surface water quality (Luswet et al., 2022), there is little research that integrates community perceptions and adaptive strategies. In particular, knowledge is lacking on how social and cultural responses shape resilience to oil-induced water degradation.

Purpose: this study aimed to analyze, from a grounded theory perspective, the perceptions, practices, and demands of La Mesa inhabitants regarding the impact of oil activity on water supply and management.

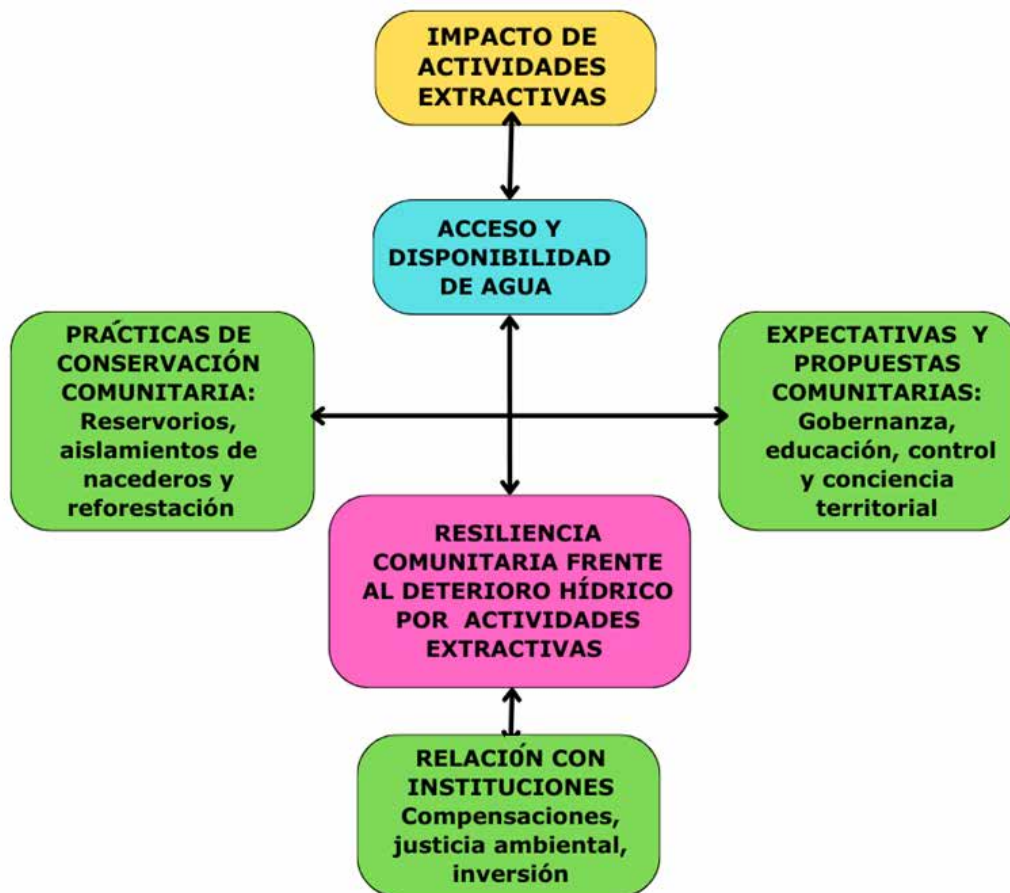
Methodology: three semi-structured interviews were conducted with leaders of the La Mesa Community Action Board. The data were transcribed and analyzed using ATLAS.ti through open coding (identification of meaning units), axial coding (categorical relationships), and selective coding (central category consolidation). Citation frequency was quantified and key findings illustrated with textual excerpts.

Results and conclusions: five thematic categories emerged: access and availability of water; quality and treatment; impact of extractive activities; community conservation practices; and institutional expectations and proposals. The central category, "Community resilience to water

degradation from extractive activities," explains how the community has implemented reservoirs, spring protection, and reforestation as adaptive strategies. However, persistent distrust toward companies and institutions limits the effectiveness of external interventions. It is concluded that water management policies should integrate local knowledge, ensure transparency in licensing and compensation processes, and scale up community practices within municipal and departmental water governance plans.

Keywords (AGROVOC): water, extractive industries, adaptive capacity, water management, conservation.

RESUMEN GRÁFICO:



1. INTRODUCCIÓN

La industria de los hidrocarburos ha sido históricamente un motor del progreso humano, dado su amplio espectro de usos y beneficios para el desarrollo industrial, tecnológico y social. Sin embargo, este crecimiento también ha traído consigo serias preocupaciones acerca de los costos ambientales asociados, en particular sobre los riesgos que las actividades extractivas representan para los ecosistemas y los recursos hídricos (Gutiérrez, 2018).

A nivel global, los sectores de petróleo y gas son fundamentales en las economías de los países productores, aunque simultáneamente constituyen una fuente potencial de desastres ambientales. Se estima que existen cerca de 40 000 yacimientos petrolíferos en el mundo, con aproximadamente 6 millones de personas viviendo o trabajando en sus alrededores. Si bien estos recursos son esenciales para diversas industrias —como la energética, de transporte, plásticos y químicos—, sus procesos de extracción y refinamiento impactan severamente el suelo, el agua, el aire y la salud humana (Luswet et al., 2022).

En Colombia, la producción petrolera ha sido clave para la economía nacional, aportando cerca del 9 % del PIB entre 2010 y 2017 y representando, en promedio, el 12 % de los ingresos corrientes durante una década. No obstante, esta actividad ha generado controversias debido a sus efectos negativos sobre el medio ambiente y las comunidades cercanas a los campos de explotación, afectando no solo los ecosistemas, sino también la dinámica económica y social de las regiones productoras (Vargas, 2020).

Particularmente, en la región de la Orinoquía, epicentro petrolero nacional, las operaciones de exploración, perforación, producción y transporte han generado daños sobre cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Estas actividades requieren grandes volúmenes de agua que, tras el contacto con hidrocarburos y químicos industriales como lodos y fluidos de perforación, retornan al ambiente con elevados niveles de

salinidad y contaminantes tóxicos, incluidos metales pesados y compuestos orgánicos peligrosos. Los vertimientos accidentales y los estanques de desechos aumentan los riesgos de contaminación, con consecuencias directas sobre los acuíferos, los suelos y la fauna silvestre (Mariño, 2023).

El manejo inadecuado del agua durante las distintas fases del ciclo petrolero —desde la extracción hasta el refinamiento— representa uno de los mayores riesgos ambientales. La llamada “agua producida”, que es extraída junto con el petróleo, contiene residuos peligrosos, mientras que los derrames en el transporte constituyen una de las formas más devastadoras de contaminación hídrica. Asimismo, los procesos de refinación y disposición de residuos derivados afectan lagos, ríos y acuíferos próximos (Renovables, 2025).

En el departamento del Huila, la explotación petrolera ha tenido presencia por más de cinco décadas, generando tanto beneficios económicos como conflictos sociales y ambientales (Perea, 201 Municipios como Paicol han sido directamente impactados por estas actividades, pues allí se reportan la contaminación y el desecamiento de fuentes hídricas como la quebrada La Cañada, situación que ha reducido la capacidad ganadera de la región de 500 a 300 cabezas de ganado. A ello se suma el limitado monto de regalías recibidas —apenas 39 millones de pesos en la década de 1990—, lo cual generó inconformidad social y movilizaciones comunitarias por una mayor inversión y compensación (La Nación, 2015).

En estudios recientes desarrollados en distintas regiones de Colombia y América Latina se identifican patrones comunes en la percepción comunitaria frente a los impactos socioambientales de la industria petrolera. Las comunidades suelen mostrar una percepción dual: reconocen los beneficios económicos de la actividad (empleo e ingresos), pero al mismo tiempo advierten los costos socioambientales asociados a la contaminación del agua, la degradación del suelo y la pérdida de medios de vida (Campetrol, 2023). También, se evidencia una desconfianza generalizada hacia las empresas e instituciones públicas, la cual es alimentada por la falta de transparencia

y la percepción de que los impactos se minimizan o invisibilizan.

Asimismo, se reportan impactos directos sobre los recursos hídricos y la salud, reflejados en la reducción de caudales, la mortandad de fauna acuática y el aumento de enfermedades asociadas a vertimientos o al manejo inadecuado del agua producida (Odera, 2018). De igual modo, las comunidades reclaman una distribución más equitativa de las regalías, así como mayores inversiones sociales, especialmente en agua, salud y educación, como medida de compensación. La heterogeneidad en las percepciones depende del tiempo de exposición a la actividad extractiva y del grado de dependencia económica local, generando posiciones más o menos críticas frente al petróleo (ANH, 2022).

En Colombia, los resultados del Barómetro Petrolero señalan que, aunque a nivel nacional más del 70 % de la población percibe de forma positiva la industria petrolera y gasífera (Infobae, 2021), en los municipios productores las opiniones son más críticas: solo el 63 % de los habitantes expresan una percepción favorable hacia las empresas petroleras, cifra que se ha mantenido estable o en descenso en los últimos años. Esta diferencia revela una percepción ambivalente en los territorios directamente afectados, donde los beneficios económicos no logran compensar las preocupaciones por los impactos ambientales, la inequidad en la distribución de regalías y la falta de participación ciudadana (Urrego, 2021).

De manera similar, algunas investigaciones latinoamericanas muestran que las percepciones comunitarias sobre la industria petrolera están condicionadas por la proximidad territorial y la confianza institucional. En México, Morales Ramírez et al. (2018) identificaron que solo el 37 % de las personas entrevistadas en municipios de la Cuenca de Burgos percibían algún efecto de la industria petrolera y, de estas, más del 90 % lo calificaban como negativo, especialmente por la contaminación del agua y la pérdida de las actividades agrícolas. En países como Argentina, Ecuador y Perú se han reportado percepciones comparables, donde las comunidades destacan la

alteración de los ecosistemas hídricos y la afectación a la salud como las principales preocupaciones (BID, 2015).

Por otro lado, un estudio sobre la percepción comunitaria del uso del agua en contextos extractivos en América Latina (2018–2022) evidenció que los habitantes reconocen los ríos y quebradas como elementos vitales y culturales, pero expresan preocupación por la contaminación, la disminución de caudales y la pérdida del vínculo simbólico con el recurso hídrico (Garzón y González, 2022). Estos hallazgos reflejan que, en el ámbito regional, la sostenibilidad hídrica constituye el principal eje de conflicto entre las comunidades locales y las empresas de hidrocarburos.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo analizar el impacto de la actividad petrolera sobre la disponibilidad y calidad del recurso hídrico en la vereda La Mesa, ubicada en el municipio de Paicol (Huila). Este análisis se realiza a partir de la percepción, las vivencias y los conocimientos de los habitantes locales, quienes han experimentado directamente los cambios en las fuentes de agua, su acceso, su uso y las posibles afectaciones ambientales derivadas de la explotación de hidrocarburos. La investigación busca comprender cómo estas transformaciones han repercutido no solo en el entorno natural, sino también en las prácticas productivas, las condiciones de vida y el bienestar general de la población, resaltando la estrecha relación entre la actividad petrolera y la sostenibilidad de los recursos hídricos del territorio.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Según Hernández Sampieri et al. (2014), la investigación cualitativa permite comprender fenómenos sociales a partir de las percepciones, los significados y las experiencias de los actores involucrados, lo cual resulta pertinente para abordar problemáticas comunitarias en contextos específicos. Bajo este enfoque, se desarrolló una investigación cualitativa con diseño metodológico

de teoría fundamentada, con el objetivo de analizar el impacto de la explotación petrolera en la disponibilidad del recurso hídrico en la vereda La Mesa, municipio de Paicol, departamento del Huila, Colombia.

En Paicol, Huila, se ha desarrollado la explotación petrolera, con hallazgos importantes reportados por la empresa Hocol. Esta actividad ha generado tanto beneficios económicos como impactos ambientales y sociales en la región. Paicol es un municipio ubicado en el occidente del Huila, en las estribaciones de la cordillera Central. El municipio cuenta con una extensión de 340 kilómetros cuadrados y está a 886 metros sobre el nivel del mar. Presenta un clima cálido y una temperatura promedio de 26°C, condiciones ideales tanto para el desarrollo de diversas actividades económicas,

como la agricultura, la ganadería y las actividades turísticas, gracias a sus atractivos naturales como (Redacción Turismo, 2025).

La información se recolectó mediante entrevistas semiestructuradas, aplicadas de forma telefónica, a tres integrantes de la Junta de Acción Comunal (JAC) de la vereda La Mesa. Fueron seleccionados por su participación en procesos organizativos y su conocimiento sobre la problemática ambiental local. Para orientar la recolección de la información, se diseñó una guía con preguntas agrupadas en bloques temáticos: presentación y consentimiento informado; contexto del participante; percepción sobre el agua; impactos de actividades humanas y extractivas; acciones comunitarias e institucionales; propuestas y expectativas; y cierre, cuyo contenido se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1. Guía de entrevista semiestructurada

Sección	Pregunta
1. Presentación y consentimiento informado	Esta entrevista hace parte de un proceso de investigación para comprender cómo la comunidad percibe el impacto de la extracción petrolera en su vereda. Su participación es totalmente voluntaria. ¿Está de acuerdo en participar?
2. Contexto del participante	¿Hace cuánto tiempo vive en esta vereda?
	¿A qué se dedica usted y su familia actualmente?
	¿Cuál es la fuente principal de agua que utilizan para consumo, agricultura o ganadería?
3. Percepciones sobre el agua en la vereda	¿Cómo describiría actualmente el acceso al agua en su comunidad?
	¿Ha notado cambios en la cantidad o calidad del agua en los últimos años? ¿Podría mencionar ejemplos concretos?
	¿Qué cree que ha causado esos cambios?
4. Impacto de actividades humanas y extractivas	¿Tiene conocimiento de actividades como la exploración o explotación petrolera en esta zona o cercana a ella?
	¿Desde cuándo están presentes estas actividades según su percepción?
	¿Cree que estas actividades han afectado las fuentes de agua? ¿De qué manera lo ha notado?
	¿Existen fuentes hídricas específicas que se hayan visto alteradas (nacederos, quebradas, pozos)?
	¿Estos cambios han generado preocupaciones, tensiones o conflictos en la comunidad?
5. Acciones comunitarias e institucionales	¿La comunidad ha sido informada o consultada por empresas o instituciones sobre estas actividades?
	¿Han adelantado como comunidad alguna acción o iniciativa para proteger las fuentes de agua?
	¿Hay alguna organización local que trabaje en temas ambientales o de agua?
6. Propuestas y expectativas	¿Qué considera que debería hacerse para conservar el agua en esta vereda?
	¿Qué tipo de apoyo espera de instituciones, gobierno o empresas frente a la conservación del agua?
	¿Qué mensaje le gustaría transmitir a quienes toman decisiones sobre el agua y los recursos naturales en el territorio?
7. Cierre	Gracias por su tiempo. ¿Hay algo más que le gustaría agregar?

Fuente: Autores.

El análisis de la información recolectada se realizó utilizando el software ATLAS.ti versión 2024 como herramienta de apoyo para la gestión y organización de los datos. Siguiendo las directrices de Hernández Sampieri et al. (2014), se inició con el proceso de transcripción de las entrevistas con la aplicación TurboScribe.ai y una lectura comprensiva del texto. A partir de esta revisión, se procedió con una codificación abierta, identificando unidades de significado relevantes, las cuales fueron agrupadas posteriormente en categorías temáticas mediante codificación axial. Finalmente, se realizó una codificación selectiva para establecer las categorías centrales del análisis, lo que permitió construir interpretaciones profundas y contextualizadas desde las voces de los actores sociales, en coherencia con los postulados de la teoría fundamentada. Además, se siguieron los principios éticos de la investigación social, asegurando la confidencialidad de la información y firma del consentimiento informado por los participantes. Este estudio no implicó riesgos para las personas entrevistadas ni afectación a sus derechos individuales o colectivos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la información recolectada se realizó con apoyo del software ATLAS.ti versión 2024, siguiendo los postulados de la teoría fundamentada de acuerdo con las pautas metodológicas propuestas por Hernández Sampieri et al. (2014). El proceso incluyó las etapas de recolección, codificación —abierta, axial y selectiva—, hasta la construcción teórica basada en los discursos de los actores sociales. Se realizaron tres entrevistas semiestructuradas con líderes y habitantes de la vereda La Mesa (Paicol, Huila), lo que permitió identificar patrones comunes y divergencias en torno a la disponibilidad y gestión del agua, sus transformaciones a lo largo del tiempo, y los impactos de las actividades petroleras en el entorno. Mediante la codificación abierta se identificaron unidades clave, tales como el acceso limitado al agua, el cambio climático, las estrategias comunitarias de conservación, el impacto de la explotación petrolera y las propuestas de mejora. Los códigos identificados se agruparon en categorías temáticas intermedias mediante la codificación axial, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Categorías

Categoría	Descripción
Acceso y disponibilidad del agua	Condiciones actuales de abastecimiento, fluctuación estacional del caudal y uso racional.
Calidad y tratamiento del agua	Percepciones sobre potabilidad y acciones de autocontrol comunitario.
Impacto de actividades extractivas	Efectos de la explotación petrolera en cantidad y calidad del agua.
Prácticas de conservación comunitaria	Reservorios, aislamientos de nacimientos y reforestación.
Expectativas y propuestas comunitarias	Sugerencias y demandas hacia instituciones y actores externos.

Fuente: Autores.

La tabla que se presenta a continuación expone la frecuencia de aparición de cada una de las categorías temáticas intermedias, así como su proporción relativa respecto al total de unidades de significado codificadas. Este ejercicio de siste-

matización permite identificar con mayor claridad las dimensiones temáticas que concentraron una mayor atención por parte de los actores sociales entrevistados, facilitando una lectura estructurada del fenómeno en estudio.

Tabla 3. Frecuencia de códigos

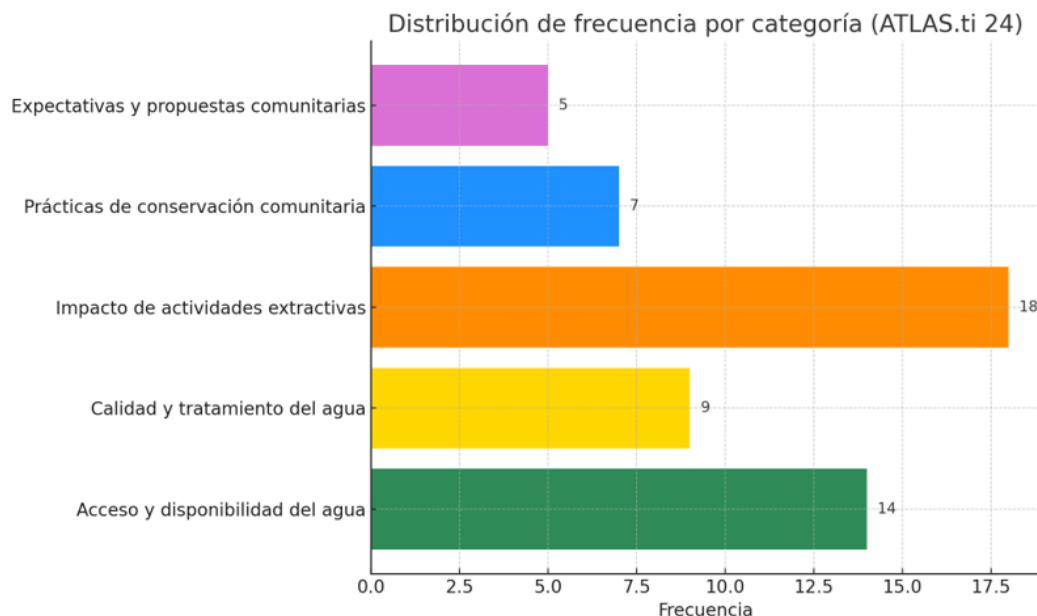
Código	N° de citas	Documentos asociados	Porcentaje (%)
Acceso y disponibilidad del agua	14	3	27
Calidad y tratamiento del agua	9	3	17
Impacto de actividades extractivas	18	3	35
Prácticas de conservación comunitaria	7	3	13
Expectativas y propuestas comunitarias	5	3	8

Fuente: ATLAS.ti (Versión 2024)

La tabla evidencia que la categoría “Impacto de actividades extractivas” representa el mayor número de menciones (35 %), lo cual indica una alta preocupación de la comunidad frente a los efectos negativos de la explotación petrolera sobre las fuentes hídricas locales. La categoría “Acceso y disponibilidad del agua”, con un 27 % de las citas, refleja la experiencia cotidiana de escasez y las limitaciones en infraestructura de distribución, especialmente durante las épocas de verano. Aunque el suministro no se ha interrumpido completamente, la disminución del caudal obliga a implementar prácticas de racionamiento y uso consciente, tal como lo narran ambos entrevistados. En tercer lugar, la categoría “Calidad y tratamiento del agua”, con un 17 % de las citas, pone en evidencia la falta de procesos de potabilización sistemáticos.

Si bien hay iniciativas de control básico como el uso de productos químicos en tanques, no existen análisis técnicos que certifiquen su potabilidad. La categoría “Prácticas de conservación comunitaria” (13 %) da cuenta de las acciones locales —como la construcción de reservorios, el aislamiento de nacederos y la reforestación— realizadas en buena medida con apoyo de actores externos como la empresa petrolera. Sin embargo, estas acciones no logran contrarrestar completamente los efectos de la presión ambiental acumulada. Finalmente, la categoría “Expectativas y propuestas comunitarias” (8 %) recoge las demandas de mayor presencia institucional, apoyo técnico y reconocimiento a quienes conservan el recurso hídrico. Estos resultados se muestran en la siguiente figura con la distribución de frecuencias por categoría de acuerdo con el análisis cualitativo realizado.

Figura 1. Distribución porcentual de categorías centrales



Fuente: ATLAS.ti (Versión 2024)

A continuación, se presentan algunas citas textuales representativas que ilustran las categorías intermedias identificadas, permitiendo anclar los hallazgos en las voces de los participantes. Estas expresiones no solo revelan el sentir de la comu-

nidad, sino que fortalecen la validez contextual del análisis, característica esencial en estudios cualitativos de diseño basado en la teoría fundamentada.

Tabla 4. Citas significativas

Categoría	Cita Relevante	Actor Social
Acceso y disponibilidad del agua	"Aquí somos muy conscientes de no desperdiciar, porque es poca el agua para tantas familias..."	Edwin Chavarro
Impacto de actividades extractivas	"Las perforaciones profundas hacen que el agua se sumerja o se acabe... eso nos preocupa mucho."	Reinaldo Chavarro
Prácticas de conservación comunitaria	"En los últimos años hemos hecho 55 reservorios en los predios, eso nos ha ayudado en época de verano."	Fulvia Cedeño
Expectativas y propuestas comunitarias	"Sería importante valorar predio por predio lo que se ha cuidado y apoyar a quienes preservan."	Reinaldo Chavarro

Fuente: ATLAS.ti (Versión 2024)

La codificación selectiva permitió consolidar la categoría central: "Resiliencia comunitaria frente al deterioro hídrico por actividades extractivas". Esta categoría integra las prácticas, los saberes y las estrategias que emergen desde la comunidad como forma de resistencia y adaptación frente al impacto ambiental. La teoría emergente construida muestra cómo la comunidad de la vereda La Mesa ha desarrollado una capacidad organizativa y territorial para enfrentar la crisis del agua, no solo desde lo técnico, sino también desde lo político, cultural y social. Estos resultados evidencian que cualquier intervención debe considerar estas formas de resiliencia local como punto de partida para políticas de conservación, sostenibilidad hídrica y justicia ambiental.

Los habitantes de la vereda La Mesa han puesto en práctica diversas estrategias —como la construcción de reservorios, la reforestación y el control comunitario de nacederos— que reflejan no solo una respuesta técnica, sino también una resiliencia socioambiental y cultural ante el deterioro hídrico causado por la industria petrolera y el cambio climático. Esta dinámica se asemeja a lo documentado por Lusweti et al. (2022), quienes sostienen que la exploración petrolera afecta la

calidad del agua superficial y plantea retos que demandan respuestas locales integrales.

La exigencia de reconocimiento y compensación por parte de las comunidades reafirma la dimensión de justicia hídrica. En algunos estudios de Latinoamérica, Caretta (2024) advierten que la extracción genera inseguridad hídrica y movilización comunitaria, particularmente de mujeres líderes. La Mesa se alinea con este patrón, proponiendo una gestión participativa y descentralizada del recurso.

4. CONCLUSIONES

Los hallazgos de la vereda La Mesa (Paicol, Huila) muestran que la comunidad ha desarrollado una resiliencia socioambiental frente al deterioro hídrico ocasionado por la actividad petrolera, articulando estrategias técnicas (reservorios, aislamientos de nacederos), organizativas (control comunitario de acueductos) y culturales (concientización y educación local). Estas prácticas no solo abordan la escasez y la calidad del agua, sino que refuerzan el sentido de pertenencia territorial y la soberanía hídrica.

A partir de la codificación selectiva se conceptualiza la categoría central “Resiliencia comunitaria frente al deterioro hídrico por actividades extractivas”, gracias al enfoque metodológico basado en la teoría fundamentada, demostrando que es posible generar un análisis sistemático y profundamente arraigado en las voces de los habitantes, así como la validación de los patrones de adaptación y defensa territorial en contextos afectados por la explotación petrolera.

La experiencia de gobernanza hídrica comunitaria en La Mesa ofrece un modelo replicable para otras veredas, al empoderar a las juntas comunales en la planificación y gestión local del agua. Sirve, además, como guía para programas de compensación ambiental, al incorporar la reforestación y la protección de nacederos como criterios de asignación de regalías. De igual forma, proporciona una herramienta de monitoreo social basada en las categorías centrales y el diagrama de paradigma codificado, que permite evaluar de forma periódica la resiliencia y las necesidades comunitarias, ajustando las intervenciones en tiempo real.

La reducción sostenida de caudales y la desaparición de nacederos puede desencadenar un riesgo de desertificación localizada, con la consecuente pérdida de biodiversidad y degradación de suelos. Al mismo tiempo, la alteración de humedales y la disminución de la recarga de acuíferos afectan los servicios ecosistémicos, deteriorando la regulación climática y la disponibilidad de agua para la agricultura y la ganadería. En ese contexto, las comunidades que dependen de un único recurso hídrico se vuelven altamente vulnerables a crisis de abastecimiento y conflictos sociales.

La vereda La Mesa demuestra una capacidad adaptativa destacable al integrar acciones técnicas y sociales que configuran una verdadera resiliencia comunitaria. Sin embargo, para potenciar y sustentar estas iniciativas, es imprescindible garantizar transparencia y legitimidad institucional en los procesos de licencia y compensación ambiental, restaurar la confianza local y escalar estas estrategias, incorporándolas en los planes municipales y departamentales de gestión del agua.

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

Primer autor: supervisión, metodología, investigación, análisis de datos, conceptualización, escritura, borrador original. **Segundo autor:** adquisición de recursos, administrador del proyecto, logística, revisión y edición.

AGRADECIMIENTOS

A la comunidad de la vereda La Mesa, en el municipio de Paicol (Huila), por su disposición, confianza y valiosos aportes durante el proceso de investigación. Su conocimiento del territorio, su compromiso con la conservación del agua y su participación fueron fundamentales para el desarrollo de este estudio. Asimismo, agradecemos al grupo de investigación INYUMACIZO por su acompañamiento y respaldo, que hicieron posible la consolidación de esta propuesta investigativa.

LITERATURA CITADA

- Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). (2022). Informe de gestión sectorial 2022: Lecciones aprendidas y percepciones sociales en la industria petrolera [Informe]. ANH. https://www.anh.gov.co/documents/21271/Informe_de_gesti%C3%B3n_2022.pdf
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2015). *Oil sector performance and institutions: The case of Latin America*. BID. <https://publications.iadb.org/en/oil-sector-performance-and-institutions-case-latin-america>

- Campetrol. (2023). Balance e indicadores del sector de hidrocarburos en Colombia. Cámara Colombiana de Bienes y Servicios de Petróleo, Gas y Energía. <https://campetrol.org/wp-content/uploads/2023/09/D.E.-Balance-Petrolero-S1-2023.pdf>
- Caretta, M. A., Côte, M., Ramasar, V., van Ryneveld, T. N., & Zaragocin, S. (2024). Resistance to extractivism-induced water insecurity. Does gender have a role in it? A systematic scoping review. *Geography Compass*, 18(8), e12767. <https://doi.org/10.1111/gec3.12767>
- Perea, E. (2019, 8 de mayo). *Huila: exploración petrolera en la zona media y alta de la cuenca del río Las Ceibas*. Crudo Transparente. <https://crudotransparente.com/2019/05/08/huila-exploracion-petrolera-en-la-zona-media-y-alta-de-la-cuenca-del-rio-las-ceibas/>
- Garzón, D. S. y González Leiva, P. A. (2023). *Percepción comunitaria sobre el uso del agua: mirada 2018–2022* [Trabajo de grado]. Universidad de Cundinamarca. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/items/1cd2e3d8-586c-4db1-9d2b-0cf226670f34>
- Gutiérrez, A. P. (2018). *La industria petrolera y el recurso hídrico: la conjunción de una industria ambientalmente sostenible*. Universidad Externado de Colombia. <https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/e69328d7-8e53-4b4a-af6e-5b94648347f9/content>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Infobae. (2021, 23 de septiembre). Más del 70 % de los colombianos percibe como positiva la industria del petróleo y el gas en el país. *Infobae*. <https://www.infobae.com/america/colombia/2021/09/23/mas-del-70-de-los-colombianos-percibe-como-positiva-la-industria-del-petroleo-y-el-gas-en-el-pais>
- La Nación. (2015, 29 de julio). Contaminación por explotación petrolera en Paicol. *La Nación*. <https://www.lanacion.com.co/contaminacion-por-explotacion-petrolera-en-paicol/>
- Lusweti, E., Kanda, E. K., Obando, J. y Makokha, M. (2022). Efectos de la exploración petrolera en la calidad de las aguas superficiales: una revisión. *Water Practice and Technology*, 17(10), 2171–2185. <https://doi.org/10.2166/wpt.2022.104>
- Mariño, J. (2023). Las aguas de la Orinoquía Colombiana y el cambio climático (1.ª ed.). Editorial UPTC. <https://librosaccesoabierto.uptc.edu.co/index.php/editorial-uptc/catalog/view/394/290/7817>
- Morales, D., Alvarado Lagunas, E., Picazzo Palencia, E. y Tobías-Jaramillo, R. (2018). Percepciones locales sobre las actividades de explotación de hidrocarburos en la región noreste de México. *Frontera Norte*, 30(60), 111-130. <https://doi.org/10.17428/rfn.v30i60.1139>
- Odera, O., Scott, A., & Gow, J. (2018). Community perceptions of Nigerian oil companies commitment to social and environmental concerns. *Journal of Global Responsibility*, 9(1), 73-95. <https://www.emerald.com/jgr/article-abstract/9/1/73/218460/Community-perceptions-of-Nigerian-oil-companies?redirectedFrom=fulltext>

- Redacción Turismo. (2025, 6 de junio). Paicol: el pueblito que se destaca por su patrimonio arquitectónico y está nominado a la ONU Turismo. *El Espectador*. <https://www.elespectador.com/turismo/paicol-el-pueblito-que-se-destaca-por-su-patrimonio-arquitectonico-y-esta-nominado-a-la-onu-turismo/>
- Renovables. (2025, enero). ¿Cómo afecta el petróleo a los recursos hídricos? *Renovables.blog*. <https://renovables.blog/blog/como-afecta-el-petroleo-a-los-recursos-hidricos/>
- Urrego, A. (2021, septiembre 22). Comunidades y municipios redujeron percepción positiva hacia las empresas petroleras. *La República*. <https://www.larepublica.co/economia/comunidades-y-municipios-redujeron-percepcion-positiva-hacia-las-empresas-petroleras-3236086>
- Vargas, L. D. (2020). *Impactos ambientales de la producción petrolera en Colombia y su relación con la innovación tecnológica en los últimos quince años* [Trabajo de grado]. Universidad de América. <https://repository.uamerica.edu.co/server/api/core/bitstreams/f8d8023d-e8f5-4389-a761-381a17cdf1bb/content>



Licencia de Creative Commons

Revista Agricolae & Habitat is licensed under a Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.