

Volumen 6, Número 1, 2022

Revista Working Papers ECAPMA

Volumen 9, Número 1, 2025

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 CORTÉS

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

COMITÉ DE INVESTIGACIÓN

ECAPMA

CADENA AGRICOLA CADENA AMBIENTAL

CADENA PECUARIA CADENA AGROFORESTAL

Revista

Working Papers ECAPMA

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: documentos.ecapma@unad.edu.co

Los artículos pueden consultarse
en su versión electrónica en:

[https://selloeditorial.unad.edu.co/
produccion/literatura-gris/
working-papers-ecapma](https://selloeditorial.unad.edu.co/produccion/literatura-gris/working-papers-ecapma)

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/workpaper/index>

ÍNDICE

Presentación	5
Promoviendo la responsabilidad ambiental en la integración de la ecopedagogía en el Currículo unadista	7
Efecto del glifosato en la germinación de semillas de <i>zygia longofilia</i> en la amazonia colombiana	19
Determinación de servicios ecosistémicos en la vegetación del cerro el venado, municipio de yopal	35
Estimaciones de nitrógeno y fósforo en lixiviados de suelos agrícolas con alta saturación de magnesio intercambiable	53
Formación de núcleos <i>tetragonisca angustula</i> en producción urbana de villavicencio: un estudio empirico	65
Sostenibilidad hídrica: la intersección de la conservación y la transformación social	109
Estrategias de producción ecológica basadas en el uso de fertilizantes tipo bocashi para el fortalecimiento de la agricultura sostenible en el municipio del Líbano, Tolima	137
Evaluación densidades de siembra de canavalia (<i>Canavalia ensiformis</i>) sobre el crecimiento y contenido de nitrógeno	159
Implementación de un programa de mejoramiento genético a través de la inseminación artificial a término fijo en vacas de doble propósito en el municipio de Vélez, Santander	176
Control de arvenses agresivas en la zona cafetera mediante el uso de las aguas mieles del café por fermentación aeróbica y anaeróbica	190
Aportes del programa de desarrollo con enfoque territorial (pdet) a la sostenibilidad ambiental del municipio de Florencia, Caquetá	210

PRESENTACIÓN

Estimados lectores

Presentamos los artículos del presente número, fruto del trabajo de los docentes 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

Fecha de recibido: 10-06-2024
Fecha de aceptado: 28-08-2024
DOI: 10.22490/ECAPMA.8223

PROMOVIENDO LA RESPONSABILIDAD AMBIENTAL EN LA INTEGRACIÓN DE LA ECOPELAGOGÍA EN EL CURRÍCULO UNADISTA

PROMOTING ENVIRONMENTAL RESPONSIBILITY WITH THE INTEGRATION OF ECOPELAGOGY IN THE UNADISTA CURRICULUM

Marcela Mejía Guarín

Ingeniera Ambiental

Especialista en Educación Superior a Distancia

Magister en Administración de Organizaciones

Docente, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD

<https://orcid.org/0000-0001-9458-8965>

marcela.mejia@unad.edu.do

Laura Marcela Cerra Vergara

Licenciada en Pedagogía infantil

Especialista en Gerencia de Instituciones Educativas

Maestrante en Educación

Docente, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD

<https://orcid.org/0000-0003-3962-6820>

laura.cerra@unad.edu.co

Jhoana Milena Molina Rico

Licenciada en Pedagogía Infantil.

Especialista en Gerencia de Proyectos

Magister en Gestión de la Tecnología Educativa

Docente, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD

<https://orcid.org/0000-0002-0839-1101>

jhoana.molina@unad.edu.co

Citación: Mejía, M., Cerra, L. y Molina, J. (2025). Promoviendo la responsabilidad ambiental en la integración de la ecopedagogía en el currículo UNADISTA. *Working Papers ECAPMA*, 9(1), 07 – 18. <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.8223>



RESUMEN

Contextualización del tema:

Es claro que un currículo integrado por la dimensión ambiental posibilita la promoción de una educación orientada a construir una visión más integradora del mundo, permitiendo impulsar las capacidades cognitivas y recreativas de los estudiantes, ya que se encuentran vinculados a su contexto sociocultural y ambiental, fomentando un pensamiento crítico y participativo, lo que a futuro puede constituirse en la base para la reconstrucción y transformación de la cultura. Lo educativo ambiental permite llevar a la práctica o hacer la traducción de los conceptos teóricos abordados en el aula de clase y llevados a la cotidianidad. Se puede plantear que la educación ambiental es un proceso de formación que nos pone de frente ante cada acción que desarrollamos en la cotidianidad.

En la actualidad, los problemas ambientales empeoran cada día debido a las acciones humanas. El deterioro del medio ambiente y sus consecuencias están resultando cada vez más devastadores (Binder, 2002). Debido a este problema se ha evidenciado el interés en tomar cartas sobre el asunto, ejemplo de este indicio fue en Yokohama, Japón, país que lideró la iniciativa mundial para transformar el sistema educativo formal y no formal que permitiera una conciencia ambiental sustentable (Molina, 2016). El presente documento expone la pertinencia de la

inclusión de la ecopedagogía en el currículo universitario. Actualmente, el reconocimiento generalizado de las condiciones y problemáticas medioambientales se debe a la colaboración de organizaciones y personalidades mundiales, que unen esfuerzos para preservar el planeta. En este panorama, la educación juega un papel central al definir enfoques, vías y alternativas para abordar la temática ambiental.

Vacío de investigación: dentro de este contexto, adquiere importancia la formación ecológica, también conocida como ecopedagogía, como uno de los fundamentos esenciales para la construcción de una cultura social sostenible (Delgado, 2005). La revisión aborda el vacío existente en la integración efectiva de la ecopedagogía en el currículo universitario. Aunque hay un reconocimiento creciente de las problemáticas ambientales y la importancia de la educación en este ámbito, no se ha explorado suficientemente cómo incorporar de manera integral y efectiva los principios ecopedagógicos en la formación académica universitaria.

Propósito del estudio: esta revisión tiene como objetivo principal generar una perspectiva sobre la relevancia de incorporar la ecopedagogía en el currículo universitario. Esta inclusión se percibe como un componente fundamental en la edificación de una sociedad comprometida con la preservación ambiental.

Metodología: este documento se fundamenta bajo el enfoque cualitativo y documental, ya que:

El enfoque cualitativo se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la calidad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y análisis de datos, los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas de hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de datos. (Hernández, 2006, pág 16)

Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes y, después, para perfeccionarlas y responderlas. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación y resulta más bien un proceso “circular” en el que la secuencia no es siempre la misma, pues varía con cada estudio” (Hernández, 2006).

Resultados y conclusiones: por consiguiente, se destaca la necesidad de integrar principios ecopedagógicos en la formación académica, contribuyendo así a la construcción de una conciencia ambiental más sólida y a la preparación de individuos que asuman un compromiso

activo con la sostenibilidad. Podríamos finalizar relacionando que la ecopedagogía considera que en los modelos de formación inicial de maestros es necesario incluir el cultivo del propio crecimiento interior y el despertar creativo del maestro generándose un proceso de co-aprendizaje con el alumno. La educación no se ve como la puesta en práctica de un paquete predeterminado de métodos y materiales, hay que generar una educación verdaderamente democrática para potenciar la participación sustantiva de los ciudadanos en la vida de la comunidad y del planeta (Fernández, s.f.). La ecopedagogía como lo acentúa (Hargreaves, 2003), plantea la necesidad de un cambio educativo desde dos parámetros que están relacionados entre sí: la ampliación y la profundización. Por el primero entiende extender el cambio más allá de la escuela, hacia la comunidad, trayendo también ésta a la escuela para que luche a su lado, si lo que se pretende es lograr mejoras resultados y acciones significativas en lo que sucede dentro de ella. Las escuelas no pueden seguir siendo centros aislados dentro de sus comunidades.

Palabras clave: desarrollo sostenible, educación ambiental, pedagogía, sensibilización ambiental, sostenibilidad ambiental



ABSTRACT

Contextualization: Currently, the environmental problem worsens day by day due to the primary behavior of human beings; the damages and consequences of the poor environmental state are becoming more disastrous (Binder, 2002). Due to this problem, there has been an interest in acting, an example of which was seen in Yokohama, Japan, a country that led the global initiative to transform the formal and non-formal educational system to enable sustainable environmental awareness (Molina, 2016). This document highlights the relevance of including ecopedagogy in the university curriculum. Currently, the widespread recognition of environmental conditions and problems is due to the collaboration of organizations and global personalities who join efforts to preserve the planet. In this context, education plays a crucial role in defining approaches, ways, and alternatives to address environmental issues.

Knowledge gap: Within this context, ecological education, also known as ecopedagogy, becomes important as one of the essential foundations for building a sustainable social culture (Delgado, 2005). The review addresses the existing gap in effectively integrating ecopedagogy into the university curriculum. Although there is growing recognition of environmental problems and the importance of education in this area, there has not been sufficient exploration of how to

incorporate ecopedagogical principles comprehensively and effectively into university-level academic training.

Purpose: This review's main objective is to generate a perspective on the relevance of incorporating ecopedagogy into the university curriculum. This inclusion is seen as a fundamental component in building a society committed to environmental preservation.

Methodology: This document is based on a qualitative and documentary approach because "The qualitative approach is guided by significant areas or themes of research. However, instead of the quality of the research questions and hypotheses preceding data collection and analysis, qualitative studies can develop hypotheses questions before, during, or after data collection and analysis. (Hernández, 2006) Often, these activities serve first to discover the most important research questions and then to refine and answer them. The inquiry action moves dynamically in both directions: between facts and their interpretation, resulting in a "circular" process where the sequence is not always the same, as it varies with each study." (Hernández, 2006)

Results and conclusions: We could conclude by relating that ecopedagogy considers that in initial teacher training models, it is necessary to include the cultivation of personal inner growth and the

creative awakening of the teacher, generating a co-learning process with the student. Education is not seen as the implementation of a predetermined package of methods and materials. There must be a genuinely democratic education to enhance citizens' substantive participation in community and planetary life (Fernández, n.d.). Ecopedagogy, as emphasized by (Hargreaves, 2003), proposes the need for educational change from two interrelated parameters: expansion and

deepening. The former means extending change beyond the school, towards the community, bringing it into the school to fight alongside it if the goal is to achieve better results and significant actions within it. Schools can no longer be isolated centers within their communities.

Keywords: environmental awareness, environmental education, environmental sustainability, pedagogy, sustainable development

1. INTRODUCCIÓN

El currículo integrado con la dimensión ambiental facilita la promoción de una educación orientada a construir una visión más holística del mundo, que permite desarrollar las capacidades cognitivas y recreativas de los estudiantes al estar vinculados a su contexto sociocultural y ambiental, fomentando el pensamiento crítico y participativo. A largo plazo, esto puede constituir la base para la reconstrucción y transformación de la cultura.

De igual manera, un plan de estudios que ofrezca una formación integral significativa debe incluir estrategias conjuntas, donde la evaluación curricular de los estudiantes se enfoque en el seguimiento de propuestas de interés ambiental para la comunidad; así, cada concepto ecológico y ambiental analizado debe ser aplicado de manera lúdica y recreativa.

Asimismo, la investigación es un punto de partida para una reflexión que bus-

ca establecer temas de discusión para el análisis y fortalecimiento de la educación ambiental en las Instituciones de Educación Superior en Colombia. Esto permite nuevas formas de ver y comprender la compleja realidad ambiental desde diversos aspectos, como la práctica pedagógica, la formación integral, la pertinencia del currículo y la articulación de lo ambiental en la cultura.

Actualmente, la problemática ambiental se agrava día a día debido al comportamiento irresponsable del ser humano, los daños y consecuencias del mal estado ambiental son cada vez más desastrosos (Binder, 2002). Ante esta situación, ha surgido un interés creciente por tomar medidas, un ejemplo de ello es la iniciativa liderada en Yokohama, Japón, para transformar el sistema educativo formal y no formal, promoviendo una conciencia ambiental sostenible (Molina, 2016).

La problemática ambiental actual, exacerbada por la sobrepoblación y una cultura consumista, requiere una intervención educativa para promover la responsabilidad ambiental. Un currículo que integra la dimensión ambiental facilita la promoción de una educación orientada a construir una visión más holística del mundo, esto permite desarrollar las capacidades cognitivas y recreativas de los estudiantes, vinculándolos a su contexto sociocultural y ambiental, y fomentando el pensamiento crítico y participativo. A largo plazo, esto puede constituir la base para la reconstrucción y transformación de la cultura.

A pesar de la creciente preocupación por la sostenibilidad, existe una carencia significativa de programas educativos que aborden de manera integral la eco pedagogía en el currículo universitario. Este vacío limita la formación de profesionales comprometidos con la responsabilidad ambiental y la sostenibilidad. Preguntas abiertas como “¿Cómo integrar efectivamente la eco pedagogía en el currículo universitario?” y restricciones como la falta de recursos y apoyo institucional son aspectos que deben ser abordados.

Investigaciones recientes han demostrado la efectividad de la educación ambiental en la formación de una conciencia ecológica (Jiménez et al., 1995; Bendala y Pérez, 2004). Iniciativas globales, como la liderada por Japón en Yokohama, han resaltado la importancia de transformar los sistemas educativos para promover una conciencia ambiental sostenible (Molina, 2016). Sin embargo, aún falta evidencia empírica sobre la implementación efecti-

va de estos programas en contextos universitarios específicos.

Este estudio es crucial ya que propone la inclusión de la eco pedagogía en el currículo universitario como un medio para formar profesionales con una fuerte responsabilidad ambiental, capaces de tomar decisiones informadas y de liderar iniciativas sostenibles en sus respectivos campos. La educación ambiental no solo permite la práctica y traducción de los conceptos teóricos abordados en el aula a la vida cotidiana, sino que también, como lo plantea Jiménez et al. (1995) citado por Bendala y Pérez (2004), “su carácter eminentemente social, cotidiano y actual la convierte en una cuestión cercana y, por tanto, atractiva para el alumno”.

La metodología del estudio se fundamenta en un enfoque cualitativo y documental, con un alcance exploratorio. Se utilizó una muestra no probabilística y se llevó a cabo un proceso sistemático de recolección y análisis de datos.

Este ejercicio nos llevó a reconocer la importancia de la inclusión de la eco pedagogía en el currículo universitario es viable y necesaria para formar profesionales con una marcada responsabilidad ambiental y una visión pragmática del mundo. Esto contribuirá significativamente a la construcción de una sociedad comprometida con la preservación ambiental.

Teniendo en cuenta que el principal objetivo de este estudio es analizar la pertinencia y viabilidad de incorporar la eco pedagogía en el currículo de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), y proponer estrategias para su implemen-

tación efectiva. Se busca evidenciar los vacíos de información que este estudio quiere llenar, proporcionando un punto de partida hacia una reflexión tendiente a establecer temas de discusión para el análisis y el fortalecimiento en educación ambiental en Instituciones de Educación

Superior en Colombia. Esto permitirá nuevas formas de ver y comprender la compleja realidad ambiental desde diversos aspectos como la práctica pedagógica, la formación integral, la pertinencia del currículo y la articulación de lo ambiental en la cultura.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación abordada en este documento recopila el resultado de un trabajo monográfico fundamentado en un enfoque cualitativo y documental, con un alcance de estudio exploratorio, que busca tener una comprensión inicial de variables, comunidad, contexto, evento o situación particular. En términos de diseño de investigación, se clasifica como no experimental-transaccional exploratorio, siendo su propósito principal el comenzar a conocer de manera sistemática una variable o conjunto de variables.

Este tipo de diseño se caracteriza por abordar problemas de investigación nuevos o poco conocidos, sirviendo como preámbulo para diseños de investigación más avanzados. En palabras de Hernández, et al. (2006), los enfoques exploratorios buscan una indagación inicial en un momento específico, siendo valiosos para la comprensión de fenómenos emergentes o poco explorados en la literatura académica.

La población objeto de estudio se escogió con una muestra no probabilística, no requiriendo una representación de una po-

blación, sino una cuidadosa y controlada elección de casos con ciertas características.

El estudio se desarrolló en las siguientes fases

Primera fase: etapa de recolección de diversas fuentes bibliográficas para la investigación, valorando especialmente la utilización de documentos, materiales y artefactos diversos, considerándolos como fuentes sumamente valiosas de datos cualitativos. La elección de esta variedad de dichas fuentes se fundamenta en la capacidad para enriquecer el análisis y brindar perspectivas múltiples que fortalecen la profundidad y amplitud del trabajo de investigación.

Segunda fase: se sistematizó la información, llevando a cabo un proceso metódico en concordancia con la delimitación del tema de investigación y los objetivos específicos; durante esta etapa, se efectúan reflexiones continuas mientras se profundiza en el campo, considerando los datos recolectados y las impresiones derivadas del entorno. Además, se analizó la nueva información obtenida en relación

con la ya existente, generando una sinergia entre ambos conjuntos.

Posteriormente, se categoriza la información, otorgándole un significado profundo dentro del discurso general, identificando las relaciones existentes entre los datos para generar hipótesis y, de esta manera, se avanza hacia la obtención de resultados.

Tercera fase: la elaboración del documento final se sustentó en los hallazgos encontrados en los referentes bibliográficos. En esta sección, se verificaron di-

versos parámetros en los resultados con el objetivo de generar un documento final con un orden y un lenguaje apropiado que transmitiera la información de manera efectiva. En la monografía, se aseguró que la indagación obtenida contara con dependencia, entendida como una suerte de “confiabilidad cualitativa”. Esto implicó demostrar que la recolección se llevó a cabo con cuidado y coherencia, proporcionando detalles específicos sobre la perspectiva teórica del investigador y el diseño utilizado.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La eco pedagogía, según Fernández (s.f.), destaca la necesidad de incluir el crecimiento interior y el despertar creativo del maestro en los modelos de formación inicial. Este enfoque promueve un proceso de co-aprendizaje con el alumno, donde la educación no se limita a métodos y materiales predeterminados, pues se busca una educación verdaderamente democrática que potencie la participación activa de los ciudadanos en la vida comunitaria y planetaria.

Moreno T. (2003) enfatiza que la eco pedagogía requiere un cambio educativo desde dos parámetros interrelacionados: la ampliación y la profundización. La ampliación extiende el cambio más allá de la escuela, involucrando a la comunidad en un esfuerzo conjunto para lograr resultados significativos; la profundización, por otro lado, implica un enfoque más integral

en el aprendizaje y la enseñanza, abarcando desde habilidades cognitivas hasta la inteligencia emocional (Goleman, 1965).

Herrería y López (2007) demostraron que la formación sensorial tiene un impacto emocional profundo en los estudiantes, conectándolos afectivamente con la naturaleza y promoviendo una conciencia ecológica. La educación ambiental tiene la fortaleza de convertirse en una herramienta social para la formación de una nueva ética conservacionista universal (Maldonado H., 2005), no solo genera nuevas conductas, sino también una simbiosis entre el ser humano y su entorno, redescubriendo su rol en el planeta.

La eco pedagogía, entendida como un movimiento social y político complejo (Gadotti, 1995), implica una reorientación curricular hacia una visión más sustentable y

ecológica de la vida, esta pedagogía busca que los estudiantes mejoren su calidad de vida y la de la sociedad, mientras conservan el medio ambiente.

Mallart (2007) propone que la eco pedagogía debe combinar hetero formación, autoformación y eco formación, dicha integración puede ser adoptada por la UNAD para incluir nuevos contenidos pedagógicos y constituir conocimientos con una alta orientación en responsabilidad ambiental.

La inclusión de la eco pedagogía en la universidad no debe limitarse a ofertar materias con contenidos ambientales, sino involucrar dinámicas sustentables en todos los procesos universitarios (Fuentes N. y Gonzalez H., 2016), lo que, a partir del ejemplo institucional, fomentará un comportamiento ecológico y sustentable entre los estudiantes.

La educación a distancia, legitimada por su capacidad de atender a sectores excluidos del sistema formal de educación (Torres C., 2001), puede impactar positivamente al incorporar la eco pedagogía, ofreciendo una metodología inclusiva y efectiva.

La investigación realizada demuestra la pertinencia de incluir la eco pedagogía en el currículo Unadista como un curso obligatorio para generar una cultura de sostenibilidad y responsabilidad ambiental en los profesionales. La integración de la eco pedagogía debe articularse en el currículo y en sus objetivos, promoviendo el uso de talleres eco pedagógicos y estrategias didácticas orientadas a mejorar la inteligencia emocional de los estudiantes.

Es clave reconocer que la eco pedagogía, apoyada en los trabajos de Paulo Freire y la teoría de la complejidad de Morin (1984), busca desarrollar una conciencia ecológica y solidaria para la construcción de una cultura de vida. Este enfoque utópico implica cambios en las estructuras sociales, económicas y culturales (Antunes A. y Gadotti, 2006).

La presente investigación tiene como objetivo categorizar las dimensiones de la eco pedagogía e identificar su integración en el currículo Unadista, proponiendo un programa de articulación que enriquezca las prácticas universitarias y promueva una cultura de sostenibilidad. Se espera que los hallazgos fortalezcan la integración de los principios del currículo pedagógico Unadista y promuevan una educación ambiental para la sostenibilidad.

A pesar de los beneficios, existen limitaciones en la aplicación de la eco pedagogía, como la aceptación por parte del cuerpo docente y el compromiso de los estudiantes; sin embargo, superar estas barreras es crucial para lograr una transformación educativa que responda a las necesidades ecológicas actuales.

En comparación con otros estudios, se observa una coherencia en la necesidad de una educación ambiental integral y la efectividad de la eco pedagogía en la formación de una conciencia ecológica; así, la inclusión de la eco pedagogía en el currículo universitario es una estrategia viable y necesaria para formar profesionales comprometidos con la sostenibilidad y la conservación del medio ambiente.

4. CONCLUSIONES

La eco pedagogía impulsa la conducta responsable hacia el medio ambiente, fomentando el respeto y cuidado de la naturaleza, por lo que resulta pertinente considerar la conveniencia de incorporarla en el ámbito educativo de la Universidad UNAD. De esta manera, se busca formar a los estudiantes en la protección y cuidado del medio ambiente, con el propósito de que esta perspectiva se integre en la cultura institucional.

La competitividad empresarial es un aspecto crucial en el actual panorama del mercado universitario. Las expectativas de las partes interesadas continúan incrementándose y, para cumplir con ellas de manera efectiva, resulta fundamental incorporar una cultura ambientalmente responsable en el currículo de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

Esta acción no solo busca satisfacer las necesidades expectativas de los stakeholders de la institución, sino también dotar

a la universidad de una imagen corporativa exclusiva. De este modo, se pretende hacer que la UNAD sea más atractiva, diferenciada, responsable e interesante en el competitivo entorno académico actual.

A través de la teoría previamente expuesta, se evidencia que la eficacia de la educación ecológica en una sociedad y su capacidad para influir en el desarrollo de comportamientos favorece la preservación de los recursos naturales. Esto, a su vez, contribuirá a asegurar que dichos recursos se mantengan para las generaciones futuras, permitiendo así reducir el impacto negativo derivado de las acciones humanas.

Por tanto, resulta oportuno que la UNAD planifique su enfoque educativo ambiental dentro de los contenidos curriculares, de manera que los egresados de la universidad se distingan por su elevada responsabilidad ambiental y poseer una cultura ecoeficiente.

REFERENCIAS

Antunes, A., Gadotti, M. La ecopedagogía como la pedagogía indicada para el proceso de la Carta de la Tierra. En AA.VV. (2006). IV. Democracia, no violencia y paz141-143. chrome-ex-

tension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://earthcharter.org/wp-content/assets/virtual-library2/images/uploads/Antunes.pdf>

- Binder, G. (2002). *Factores determinantes de la contaminación ambiental y del uso de los recursos naturales*. Universidad Nacional de Colombia.
- Delgado S. L. (2005). *Ecopedagogía y cultura depredadora*. Cuba: Universidad de la Habana.
- Fernández, A., y Conde, J. (2010). La ecopedagogía en la formación inicial de maestros (pag. 1-11). Granada, España: Universidad de Granada
- Fernández Herrería, A., & López López, M. del C. (2007). La inclusión del componente emocional en la formación inicial de maestros. Una experiencia para el desarrollo de la conciencia sensorial. *Revista Iberoamericana De Educación*, 43(3), 1–12. <https://doi.org/10.35362/rie4332326>
- Fuentes N., González H. (2016). Ambientalización del currículo universitario: un reto de la Ecopedagogía. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-38142016000200011&lng=en&tlng=es.
- Gadotti, M. (2018). *Pedagogía de la tierra y cultura de la sustentabilidad*. <http://revistas.academia.cl/index.php/pfr/article/view/519/658>
- Goleman, D. (1995). *Inteligencia emocional*. Barcelona, España: Kairós. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://iuymca.edu.ar/wp-content/uploads/2022/01/La-Inteligencia-Emocional-Daniel-Goleman-1.pdf
- Goodland, R. (1997). La tesis de que el mundo está en sus límites. En R. Goodland et al. (Eds.). *Medio ambiente y desarrollo sostenible* (pp.1319). Editorial Trotta.
- Hernández, R., Fernández-Collado, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. McGraw Hill Interamericana.
- Hervás D. A (2015) CIUDADANÍA, EDUCACIÓN Y COMPLEJIDAD: MIRADAS DESDE LA ECOPEDEGOGÍA, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.scielo.cl/pdf/rda/n47/art10.pdf>
- Maldonado H (2005) LA EDUCACIÓN AMBIENTAL COMO HERRAMIENTA SOCIAL <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36010104>
- Mallart J.(2007) Es La Hora De La Ecopedagogía. La Década De La Educación Para Un Futuro Sustentable <https://www.researchgate.net/publication/277092056> Es la hora de la Ecopedagogia la decada de la educacion para un futuro sustentable
- Molina, N. F.y González H.E. (2016). *Ambientalización del currículo universitario: un reto de la ecopedagogía*. <http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n40/n40a11.pdf>
- Moreno T. (2005). Replantear el cambio educativo. Un enfoque innovador: ANDY HARGREAVES (COMP.) Buenos Aires, Amorrortu, 2003, 323 pp.. *Perfiles educativos*, 27(108), 117-121. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pi

[d=S0185-26982005000100009&lng=es&tlng=es.](#)

Morín, E. (1984). *Ciencia con conciencia*. Barcelona: Anthropos. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://olimpiadadefilosofiaunt.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/02/morin-1982-ciencia-con-conciencia.pdf>

Torres C. (2001) Paulo Freire Y La Agenda De La Educación Latinoamericana En El Siglo Xxi <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar/bitstream/CLACSO/11800/1/torres.pdf>



Licencia de Creative Commons

Revista Working Papers ECAPMA is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Fecha de recibido: 19-08-2024

Fecha de aceptado: 24-10-2024

DOI: 10.22490/ECAPMA.8424

EFECTO DEL GLIFOSATO EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Zygia longifolia* EN LA AMAZONIA COLOMBIANA

EFFECT OF GLYPHOSATE ON THE GERMINATION OF *Zygia longifolia* SEEDS IN THE COLOMBIAN AMAZON

Ismael Dussan Huaca

Agrónomo, docente programa de Agronomía, Escuela de Ciencias Agrícolas,
Pecuarias y del Medio Ambiente, ECAPMA.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9742-9134>

ismael.dussa@unad.edu.co

Semillero: La Minga, Grupo: Inyumacizo

Thiago Costa Ferreira

Agrónomo, Docente na Universidade Estadual da Paraíba, Lagoa Seca,
Paraíba, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0002-2368-6223>

thiago.ferreira@servidor.uepb.edu.br

Cristian David Plaza Pérez, biólogo docente programa de Doctorado en
Educación y Cultura Ambiental, Universidad de la Amazonia, Grupo de
Investigación GIMAE.

<https://orcid.org/0000-0002-6644-040X>

c.plaza@udla.edu.co

Citación: Dussan, I., Ferreira, T. y Plaza, C. (2025). Efecto del glifosato en la germinación de semillas de *Zygia longifolia* en la Amazonia Colombiana. *Working Papers ECAPMA*, 9(1), 19 – 33. <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.8424>



RESUMEN

Zygia longifolia contribuye a la estabilización de ecosistemas ribereños y a mitigar la erosión del suelo en la Amazonia colombiana, además de mejorar la fertilidad del suelo al fijar nitrógeno. Sin embargo, es necesario estudiar los efectos del herbicida glifosato en especies forestales no objetivo, especialmente en regiones con fumigaciones aéreas para erradicación de cultivos ilícitos. Este estudio tuvo como propósito evaluar el efecto de diferentes dosis de glifosato en la germinación de semillas de *Z. longifolia* utilizando la técnica de rollo de papel. Las semillas se sumergieron durante 30 minutos en soluciones con concentraciones de 0,0; 1,8; 3,6; 5,4 y 7,2 g L⁻¹ de equivalente ácido de glifosato. Se observó una reducción

cuadrática del 72,4 % en el vigor de las semillas de *Z. longifolia* a medida que aumentaban las dosis de glifosato de 0,0 a 7,2 g L⁻¹. No se encontraron diferencias significativas en el ensayo que analizó la conductividad eléctrica de la solución con semillas expuestas al herbicida. Se concluyó que el glifosato afecta negativamente la germinación de *Z. longifolia*, lo cual tiene implicaciones para su conservación y uso responsable de herbicidas en zonas forestales. Los resultados resaltan la importancia de estos bioensayos para entender el impacto del glifosato en especies forestales de la región amazónica colombiana.

Palabras clave: agroquímico, herbicida, restauración

ABSTRACT

Zygia longifolia contributes to the stabilization of riparian ecosystems and helps mitigate soil erosion in the Colombian Amazon, in addition to improving soil fertility through nitrogen fixation. However, it is necessary to study the effects of the herbicide glyphosate on non-target forest species, especially in regions where aerial spraying is used to eradicate illicit crops. This study aimed to evaluate the effect of different doses of glyphosate on the germination of *Z. longifolia* seeds using the paper roll technique. Seeds were soaked for 30 minutes in solutions with concentrations of 0.0; 1.8; 3.6; 5.4 and 7.2 g L⁻¹ of glyphosate acid equivalent. A quadratic reduction of 72.4% in seed

vigor was observed as glyphosate doses increased from 0.0 to 7.2 g L⁻¹. No significant differences were found in the electrical conductivity test of the solution with seeds exposed to the herbicide. It was concluded that glyphosate negatively affects the germination of *Z. longifolia*, which has implications for its conservation and for the responsible use of herbicides in forested areas. The results highlight the importance of bioassays to understand the impact of glyphosate on forest species in the Colombian Amazon region.

Keywords: agrochemical, herbicide, restoration

1. INTRODUCCIÓN

Los servicios ecosistémicos generados en el Amazonas son cruciales tanto para América del Sur como para el mundo (Leberger et al., 2020). Sin embargo, al menos el 17% de la selva primaria en la cuenca amazónica ha sido deforestada en los últimos 50 años (Leblois et al., 2017). En cuanto a la Amazonía Colombiana, esta también ha mostrado incrementos alarmantes en la deforestación, con registros de 215.000 ha perdidas en 2018, superando incluso a los países vecinos (Hettler et al., 2018).

La especie *Z. longifolia* está ampliamente distribuida en bosques húmedos y lluviosos, asociados directamente a cursos de agua o valles fluviales en bajas elevaciones. Además, plantas del género *Zygia* han sido empleadas en Costa Rica para manejar la erosión hídrica y recuperar áreas degradadas (Rojas-Zeledón, 2018). El manejo forestal en la Amazonía colombiana ha llevado a la disminución de poblaciones de especies arbóreas como *Z. longifolia* (Willd.) Britton & Rose, comunes en áreas de

bosques ribereños y otros ambientes húmedos en el departamento de Caquetá (Colombia), y desempeñan un papel importante tanto ecológica como socialmente en la región. *Zygia longifolia* desempeña un papel ecológico fundamental en la Amazonía colombiana (Romero-Hernández et al., 2018) al contribuir a la estabilidad de los ecosistemas ribereños y a la mitigación de la erosión del suelo, especialmente en áreas cercanas a cuerpos de agua (Rojas-Zeledón, 2018). Estas zonas son cruciales para la biodiversidad, proporcionando hábitats para una variedad de especies de flora y fauna. Además, *Z. longifolia* tiene importancia en la formación de suelos y en el ciclo de nutrientes, debido a su capacidad para fijar nitrógeno, lo que mejora la fertilidad del suelo (Romero-Hernández et al., 2018).

Pese a su importancia ecológica, la investigación sobre la respuesta de las especies forestales a los herbicidas es aún limitada. En Brasil, se ha registrado el uso de herbicidas organofosforados en la

Amazonía occidental para establecer y manejar nuevos agroecosistemas, pero en Colombia esta información sigue siendo escasa. El glifosato (N-(fosfonometil) glicina), un herbicida de amplio espectro, no selectivo, sistémico y post-emergente (National Center For Biotechnology Information et al., 2023), se ha recomendado para el control de plantas invasoras anuales y perennes en diversos cultivos comerciales (Shimitz et al., 2019; Ávila et al., 2020). No obstante, su uso en cualquier área y sus impactos ambientales deben ser evaluados con cautela. En áreas forestales donde se aplican productos con formulaciones de glifosato de manera aérea, como en Caquetá en programas gubernamentales de erradicación de *Erythroxylum coca*, la deposición de pulverización suele ser mayor en el dosel, afectando tanto a la especie objetivo como a la vegetación arbórea adyacente. El impacto del glifosato en diversas especies forestales ha sido

documentado por Oliveira et al., (2020) y Vieira et al., (2022). Existen informes sobre su efecto en la germinación de semillas y características de crecimiento de especies vegetales no objetivo tratadas con glifosato (Helander et al., 2019; Duke & Powles, 2021; Fuchs et al., 2021).

Entre los métodos eficaces y eficientes, el biotest ha sido utilizado para evaluar el impacto de herbicidas en semillas y plántulas de plantas superiores. Un biotest es una prueba biológica que se emplea para medir la respuesta de organismos vivos a sustancias químicas, en este caso, herbicidas. Este procedimiento es fundamental para determinar los efectos nocivos del glifosato en la germinación y desarrollo de las semillas de *Z. longifolia*, permitiendo evaluar su toxicidad y posibles impactos ambientales. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del glifosato en la germinación de semillas de *Z. longifolia* en diversas dosis.

2. METODOLOGÍA

2.1 ÁREA DE ESTUDIO Y RECOLECCIÓN DE SEMILLAS

El municipio de Florencia se localiza en las coordenadas 1°36'51"N y 75°36'42"W. La región posee un clima cálido-húmedo, formando parte de una zona de bosque húmedo tropical. La ciudad está situada a una altitud de 242 msnm, con una temperatura media anual de 25°C y una precipitación cercana a los 4000 mm anuales (SINCHI, 2006). Las matrices seleccionadas estaban distribuidas aleatoriamente por la ciudad, a unos 100 m de distancia entre sí, y mostraban una buena calidad vegetativa.

Los frutos de *Z. longifolia* se recolectaron de árboles matrices siguiendo el procedimiento de Carneiro et al. (2021). Una vez recolectados, los frutos se almacenaron en bolsas de papel y fueron trasladados al laboratorio, donde las semillas fueron procesadas manualmente para eliminar aquellas que presentaban malformaciones. La limpieza consistió en remover restos minerales y orgánicos, y lavar las

semillas con agua corriente. Luego, se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio al 1% durante un minuto para desinfección fungicida. Posteriormente, las semillas se empaparon durante 30 minutos en distintas dosis del herbicida glifosato. Tras el remojo, la calidad fisiológica de las semillas fue evaluada siguiendo los dos experimentos detallados a continuación.

2.2 TRATAMIENTOS

Se llevaron a cabo dos experimentos independientes en el laboratorio multipropósito de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, CEAD Florencia, Caquetá. En cada experimento, los tratamientos consistieron en las mismas dosis de 0,0; 1,8; 3,6; 5,4 y 7,2 g L⁻¹ de e.a. del producto comercial Stop West®, con una fórmula original que contenía 480 g L⁻¹ de sal de isopropilamina de N-(fosfonometil) glicina, 360 g L⁻¹ del equivalente ácido (e.a.) de N-(fosfonometil) glicina (GLYPHOSATE) y 648 g L⁻¹ de ingredientes inertes. La dosis intermedia de 3,6 g L⁻¹ de e.a.

corresponde a la recomendación técnica de 2,5 L ha⁻¹ para la mayoría de las malezas. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con 4 repeticiones, donde cada repetición constó de 25 semillas. Los experimentos se realizaron dos veces.

2.3 GERMINACIÓN

Las semillas fueron colocadas en rollos de papel absorbente de uso comercial (BRASIL, 2009). Luego, se situaron los rollos en bolsas plásticas y se ubicaron en una habitación climatizada de 2 x 2 m con una temperatura controlada de $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$. La germinación fue monitoreada diariamente, considerando como germinadas aquellas semillas que mostraban la emisión de la raíz primaria. La primera evaluación de germinación se realizó junto con la prueba de germinación, registrando el porcentaje de plántulas normales obtenidas a los siete días y contabilizándose la germinación a los 14 días posteriores a la siembra. Se evaluaron el porcentaje de semillas no germinadas (NG), el índice de velocidad de germinación (IvG), el tiempo medio de

germinación (TmG) y la velocidad media de germinación (VmG).

2.4 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Después de remojar las semillas durante 30 minutos en los tratamientos, se sumergieron en 75 ml de agua desionizada. Después de 3 y 24 horas, se determinó la conductividad eléctrica de la solución con la ayuda de un conductímetro Digimed MD-31.

2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el ensayo de germinación en rollos de papel y la medición de conductividad eléctrica, se utilizó la prueba Shapiro-Wilk con el fin de verificar los supuestos del análisis de varianza. Una vez confirmada la homogeneidad y normalidad, los datos obtenidos de la repetición de los experimentos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias estadísticas entre repeticiones. Al no encontrarse diferencias estadísticas significativas entre los experimentos, los datos se combinaron en una única ANOVA. Para las variables que mostraron diferencia significativa debido al

tratamiento, se realizó un análisis de regresión con la función cuadrática. La calidad del modelo de regresión se evaluó mediante el coeficiente de determinación (R^2). Las medias se

compararon utilizando la prueba Tukey HSD ($\alpha=0,05$). Los datos se procesaron con el paquete "agricolae" en el software R (Mendiburu, 2021).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La germinación de las semillas de *Z. longifolia* fue evidente desde el primer día posterior a la siembra (Figura 1). A lo largo del tiempo, la tasa de germinación fluctuó entre un 19,2% y un 83,3% para las dosis de 5,4 g L⁻¹ y de 0 g L⁻¹ (control),

respectivamente, después de 14 días de evaluación. En comparación, con la dosis más alta de glifosato aplicada, 7,2 g L⁻¹, se registró un 24,9% de germinación en el mismo periodo.

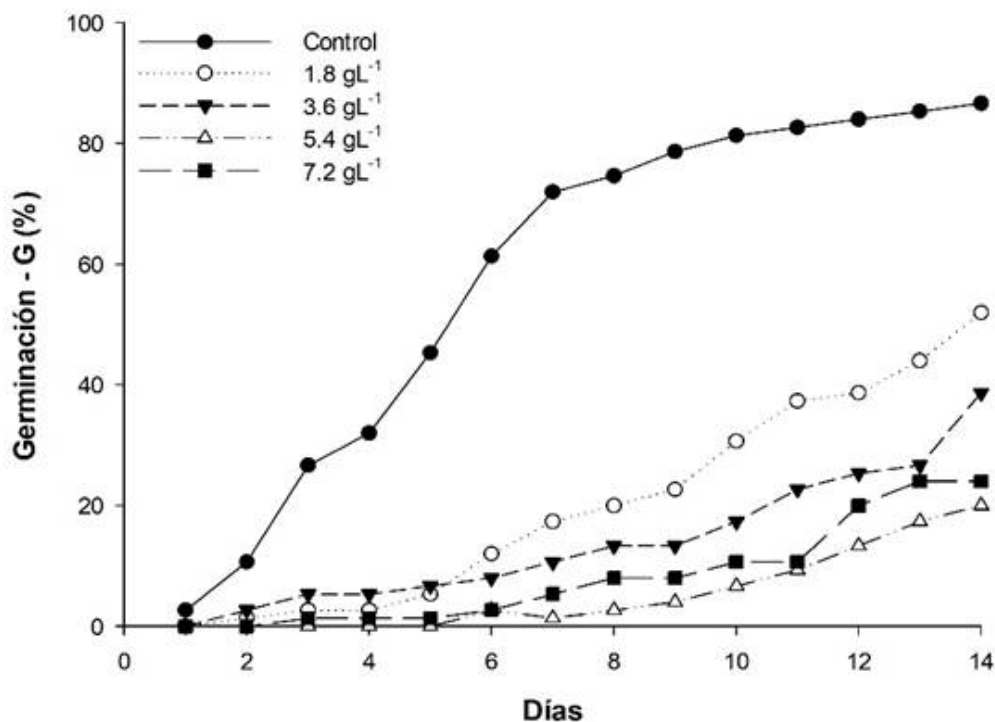


Figura 1. Germinación (%) de semillas de *Z. longifolia* en el tiempo en función de dosis de glifosato. **Fuente:** elaborado por autores.

Se detectó diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,01$) para G, NG, e IvG (Tabla

1). No obstante, las variables TmG y VmG no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$).

Tabla 1. Dosis de glifosato y variables de germinación de semillas de *Z. longifolia*.
Fuente: elaborado por autores.

Dosis (g.L ⁻¹)	Variables				
	G	NG	IvG	TmG	VmG
0	86,66 d	13,22 a	26,98 b	9,35 a	0,10 a
1,8	52,00 c	48,00 b	7,39 a	10,83 a	0,09 a
3,6	38,66 bc	61,33 bc	5,62 a	10,63 a	0,09 a
5,4	24,00 ab	76,00 cd	1,70 a	11,94 a	0,09 a
7,2	20,00 a	80,00 d	2,85 a	11,24 a	0,08 a
CV(%)	13,8	10,96	30,91	7,05	8,69
p	0	0	0	0,06	0,06

G: germinación, NG: semillas no germinadas, IvG: índice de velocidad de germinación, TmG: tiempo medio de germinación, VmG: velocidad media de germinación CV: coeficiente de variación y p: valor de ANOVA.

La germinación disminuyó hasta un 72,4% cuando la dosis aumentó de 0 a 7,2 g L⁻¹ ($R^2 = 0,98$). Se observaron patrones similares para N7D ($R^2 = 0,94$) y N14D ($R^2 = 0,98$), con reducciones del 92,3% y 71,4%,

respectivamente (Fig. 2A). En lo referente a IvG, hubo una reducción del 29,3% desde una dosis de 0 g L⁻¹ hasta el 3,1% en la dosis más alta de glifosato, que fue de 7,2 g L⁻¹ (Fig. 2B).

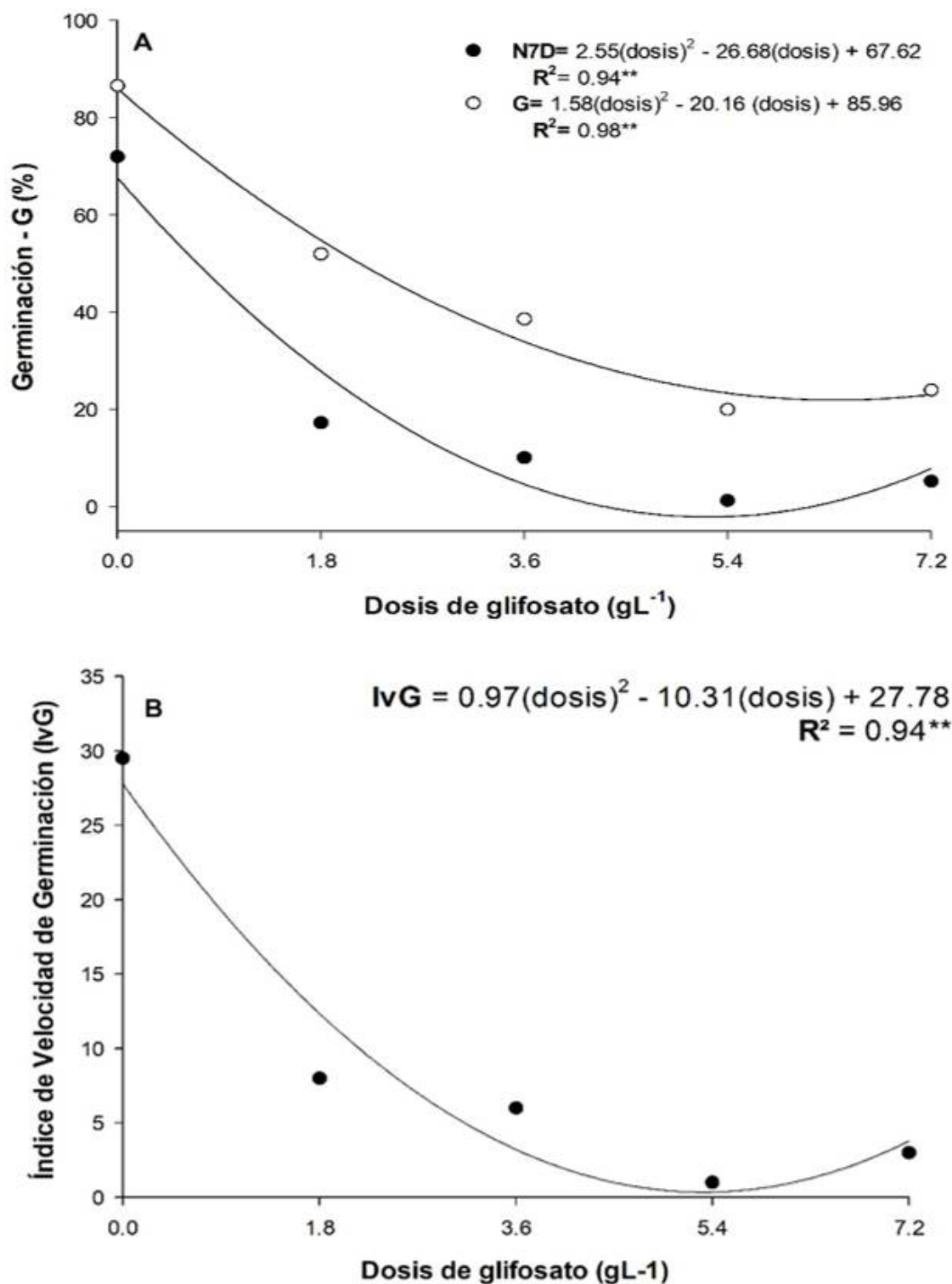


Figura 2. (2A)- N7D (●), germinación G (○) y (2B)- Índice de velocidad de germinación – IvG en semillas de *Z. longifolia* en función de dosis de glifosato. Fuente: elaborado por autores.

Para el ensayo de conductividad eléctrica no hubo diferencia significativa ($p > 0,05$) en la solución con el incremento de las dosis de glifosato.

Las semillas de *Z. longifolia* demostraron sensibilidad al glifosato según los resultados obtenidos en este estudio, lo que podría relacionarse con la composición química del herbicida. Como señalan Salazar López & Aldana Madrid, (2021), esta sustancia se recomienda para disminuir poblaciones de hierbas perjudiciales en distintas fases del ciclo vegetativo de diversos cultivos comerciales, abarcando dicotiledóneas, tanto antes como después de su emergencia. La efectividad del glifosato está conectada al proceso de entrada de agua necesario para la germinación, específicamente a la ruta que sigue el agua durante dicho proceso (Shimitz et al., 2019; Ávila et al., 2020).

En un estudio realizado por Piotrowicz-Cieślak et al., (2010), se analizaron las respuestas fisiológicas de seis especies de plantas, entre ellas cultivos populares e indicadores de

contaminación del suelo (*Lepidium sativum*, *Sinapis alba*, *Sorghum saccharatum*, *Brassica napus*, *Lupinus luteus* y *Avena sativa*), al aplicar 16 concentraciones de glifosato, que variaban de 0 a 2000 μM . Respecto al porcentaje de germinación de las semillas, la masa seca de las plántulas y la conductividad eléctrica de los lixiviados de las plántulas, no se encontraron diferencias significativas con la aplicación del herbicida. Los resultados del presente estudio difieren de los reportados por Piotrowicz-Cieślak ya que se observó reducción significativa de la germinación de las semillas con el aumento de las dosis de glifosato. Sin embargo, de acuerdo con Salazar López & Aldana Madrid, (2021), las semillas de especies forestales pueden verse afectadas por los efectos del glifosato; pero no hay suficiente información en la literatura que describa este proceso bioquímico.

Algunas semillas de especies de Fabaceae, especialmente del grupo de las Mimosideae, presentan un tegumento endurecido y la entrada de agua ocurre a través del hilo durante la germinación. Una vez establecido el flujo de agua, las

sustancias disueltas en la solución del sustrato pueden entrar en la semilla y ser más difíciles de expulsar (Ávila et al., 2020). En este contexto, el incremento de la mortalidad y la disminución del vigor en las semillas probadas en relación con las dosis crecientes de glifosato puede estar relacionado con factores acumulativos o con el aumento de la cantidad de la molécula dentro de las semillas. Otro aspecto relevante es que las semillas de este grupo pueden

presentar dormancia relacionada con procesos externos a la semilla como mecanismo de protección (Shimitz et al., 2019). No obstante, basado en los datos observados, este factor puede no haber influido en los resultados de este trabajo. El análisis de semillas de *Z. longifolia* expuestas al glifosato mediante la técnica de tetrazolio podría aclarar mejor este punto, pero actualmente no existe un protocolo válido para esta especie (Ávila et al., 2020).

4. CONCLUSIONES

- La germinación fluctuó entre un 19,2% y un 83,3% para las dosis de 5,4 g L⁻¹ y 0 g L⁻¹ (control), respectivamente, después de 14 días de evaluación.
- La germinación disminuyó hasta un 72,4% cuando la dosis aumentó de 0 a 7,2 g L⁻¹ ($R^2=0,98$), indicando que el glifosato afectó negativamente la germinación de las semillas de *Z. longifolia*.
- Para gestionar el uso de herbicidas en áreas forestales de manera sostenible y menos perjudicial para el medio ambiente, se recomienda implementar prácticas de manejo integrado de plagas, y promover el uso de herbicidas biológicos, establecer políticas ambientales estrictas y fomentar la capacitación y sensibilización de agricultores y gestores forestales sobre los impactos ambientales y las mejores prácticas para la aplicación de herbicidas.

REFERENCIAS

- Ávila, J. de, Cardoso, F. B., de Lima, S. F., Barzotto, G. R., & Zanella, M. S. (2020). Presence of glyphosate can harm the germination of bean seeds treated with biostimulant. *Bioscience Journal*, 36(1), 122–132. [<https://doi.org/10.14393/BJ-v36n1a2020-42441>].
- Brasil. (2009). Regras para Análise de Sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS.
- Carneiro, T., Cavalcante, A., Cavalcante, A., Andrade, G., Lima, N., & Aquino, L. (2021). Efeito do vigor de sementes sobre as características fisiológicas e produtivas da soja. *Acta Iguazu*, 9, 122-133. <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v9i2.23489>
- Duke, S. O., & Powles, S. B. (2021). Glyphosate: Uses Other Than in Glyphosate-Resistant Crops, Mode of Action, Degradation in Plants, and Effects on Non-Target Plants and Agricultural Microbes. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 255, 1-65. https://doi.org/10.1007/398_2020_53.
- Fuchs, B., Laihonon, M., Muola, A., Dobrev, P. I., Vankova, R., & Helander, M. (2021). A glyphosate-based herbicide in soil differentially affects hormonal homeostasis and performance of non-target crop plants. *Frontiers in Plant Science*, 12, 787958. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.787958>.
- Helander, M., Pauna, A., Saikkonen, K., & Saloniemi, I. (2019). Glyphosate residues in soil affect crop plant germination and growth. *Scientific Reports*, 9(1), 19653. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56195-3>.
- Hettler, B., Thieme, A., Finern (2018) MAAP #97: Deforestation Surge in the Colombian Amazon, 2018 update | MAAP. Maap Proj. Recuperado de [<https://maaproject.org/2019/colombia-2018-4/>].

- Leberger, R., Rosa, I., Guerra, C. A., Wolf, F., & Pereira, H. M. (2020). Global patterns of forest loss across IUCN categories of protected areas. *Biological Conservation*, 241, Article 108299. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108299>
- Leblois, A., Damette, O., & Wolfersberger, J. (2017). What has driven deforestation in developing countries since the 2000s? Evidence from new remote-sensing data. *World Development*, 92, 82-102.
- Mendiburu, F. (2021). agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.4-0. Recuperado de [<https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>]
- National Center for Biotechnology Information. (2023). PubChem Compound Summary for CID 3496, Glyphosate. Recuperado el 11 de enero de 2023, de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Glyphosate>
- Oliveira, M. F., & Brighenti, A. M. (2020). Comportamento dos herbicidas no ambiente. En Oliveira Jr., Constantin, J., & Inoue, M. H. (Eds.), *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas* (pp. 263-304). Curitiba: Omnipax.
- Piotrowicz-Cieślak, A., Adomas, B., & Michalczyk, D. (2010). Different Glyphosate Phytotoxicity of Seeds and Seedlings of Selected Plant Species. *Polish Journal of Environmental Studies*, 19(1), 123-129.
- Rojas-Zeledón, I. J. (2018). Selección de plantas para el control de la erosión hídrica en Costa Rica mediante la metodología de criterio de expertos. *Revista Forestal Mesoamericana*, 15(36), 3425. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v15i36.3425>
- Romero-Hernández, C. (2018). El género *Zygia* P. Browne (Leguminosae: Mimosoideae:Ingeae) en Colombia: análisis de distribución y clave actualizada para su identificación. *Biota Colombiana*, 18(2), 89–111. <https://doi.org/10.21068/c2017.v18n02a06>.
- Salazar López, N. J., & Aldana Madrid, M. L. (2021). Herbicida glifosato: usos, toxicidad y regulación. *Biotecnia*, 13(2), 83-164. <https://doi.org/10.18633/bt.v13i2.83>.

Shimitz, M., Zandoná, R., Vargas, A., Garcia, J., Tunes, L., & Agostinetto, D. (2019). Teste Rápido de Detecção de Resistência à Glifosato em Sementes de Azevém. *Planta Daninha*, 37.

SINCHI – Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. (2006). *Caracterización y tipificación de sistemas productivos y su impacto ambiental en el Caquetá*. Bogotá.

Vieira, A. A., Amarante Junior, O. P., & et al. (2022). Efectos del glifosato sobre la germinación de semillas de *Zygia longifolia* (Fabaceae), una especie nativa de la Amazonía colombiana. *Revista Colombiana de Ciencias Agrarias*, en prensa.



Licencia de Creative Commons

Revista Working Papers ECAPMA is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Fecha de recibido: 19-08-2024

Fecha de aceptado: 24-10-2024

DOI: 10.22490/ECAPMA.8428

DETERMINACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA VEGETACIÓN DEL CERRO EL VENADO, MUNICIPIO DE YOPAL

IDENTIFICATION OF ECOSYSTEM SERVICES IN THE VEGETATION OF CERRO EL VENADO, YOPAL MUNICIPALITY

Blanca Ninfa Carvajal Agudelo¹

Ingeniero Forestal, especialista en producción y transformación de madera y Magister en Producción Tropical Sostenible- Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD” Semillero biosfera

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3848-8959> Email: blanca.carvajal@unad.edu.co

Gilberto Augusto Cortes Millán²

Biólogo, Especialista en Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos, Magister Scientiarum en Manejo de Fauna Silvestre- Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD”

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9640-9956> Email: gilberto.cortes@unad.edu.co

Zulma Lorena Durán Hernández³

Ingeniería en recursos hídricos y gestión ambiental, magister en ingeniería ambiental, Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD”

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1039-4395> Email: zulma.duran@unad.edu.co

Los resultados del presente estudio se generan en proyecto del grupo CAZAO/semillero Biosfera presentado a la convocatoria interna 06 de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, propuesta denominada: Estudio diagnóstico ambiental y priorización de áreas estratégicas, con potencial para beneficiarse del pago por servicios ecosistémicos; vereda Upamena, sector Balconcitos, Municipio de Yopal, Los costos de ejecución del proyecto fueron asumidos por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD”

Citación: Carvajal, B., Cortes, G. y Durán, Z. (2025). Determinación de servicios ecosistémicos en la vegetación del cerro El Venado, municipio de Yopal. *Working Papers ECAPMA*, 9(1), 35 – 52. <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.8428>



RESUMEN

Contextualización del tema: El área de estudio está localizada en el Municipio de Yopal, sector Balconcitos, Vereda La Upamena, que abarca parte de los cerros tutelares de la ciudad de Yopal a una altitud de 918 msnm. Este lugar tiene un clima cálido húmedo con una precipitación anual promedio de 2309 mm (IDEAM, 2024). La investigación responde a la necesidad de desarrollar estrategias de bajo carbono, enfocándose en la cuantificación del carbono fijado en la vegetación y la valoración de otros aspectos como la biodiversidad y la belleza escénica.

Vacío de investigación: El estudio busca llenar el vacío de conocimiento sobre la cantidad de carbono almacenado en los sistemas naturales del área de Yopal, específicamente en la vegetación arbórea y arbustiva de bosques y sistemas silvopastoriles, así como su papel en la mitigación del cambio climático. Además, explora la importancia del área como corredor biológico y la influencia del microclima local.

Propósito del estudio: El propósito del estudio es cuantificar el carbono fijado en la vegetación de la región, determinar la biodiversidad local como

corredor biológico y evaluar la belleza escénica del sector, con el fin de aportar al desarrollo bajo en carbono y destacar los beneficios ecológicos para los habitantes de Yopal.

Metodología: Se establecieron seis parcelas temporales, tres en bosque y tres en sistemas silvopastoriles, donde se midió el diámetro a la altura del pecho (dap) de los árboles a 1.3 m y la altura total del fuste. Se identificaron 35 especies en estado fustal. Los datos recolectados se ingresaron en un modelo alométrico para calcular la biomasa aérea en toneladas por hectárea (t/ha). Además, se realizaron observaciones sobre la biodiversidad y la belleza escénica del área.

Resultados y conclusiones: Los bosques en la localidad almacenan entre 35.14 y 14.05 t/ha de biomasa aérea, mientras que los sistemas silvopastoriles almacenan entre 3.85 y 2.26 t/ha. En términos de dióxido de carbono, esto equivale a un promedio de 45.13 t/ha en bosques y 3.91 t/ha en sistemas silvopastoriles. Adicionalmente, se identificó el área como un corredor biológico que permite el tránsito de fauna entre la sabana y la cordillera Andina, influenciado por

variaciones climáticas. Finalmente, la belleza escénica de la zona se destacó por su capacidad para generar un microclima que beneficia a los habitantes de Yopal.


Palabras Clave: Clima, captura de carbono, calentamiento global, mitigación, erosión del suelo, Cambio climático

ABSTRACT

Contextualization: This study focuses on quantifying and estimating ecosystem services provided by forested areas and vegetation. The scientific community has recognized that such vegetation covers offer ecosystem services (ES), which are essential for maintaining the planet's basic functions. These services include tangible and intangible benefits derived from nature, such as air quality maintenance, water purification, climate regulation, carbon capture, and food production. Ecosystem services are categorized as regulatory, provisioning, support, and cultural services, all contributing to human well-being through essential ecological processes (Ruiz, 2012; Fisher et al., 2009).

Knowledge gap: There is a deficiency in knowledge concerning the local community's awareness of their role in addressing climate change. While global awareness is growing, there is a need to empower local populations to realize that small but collective actions, such as refraining from deforestation, incorporating trees into productive systems, and making informed decisions, can collectively contribute to significant climate change mitigation.

Purpose: The purpose of the study is to contribute to climate change mitigation by quantifying carbon fixation in tree and shrub vegetation in the study area. Additionally, the research aims to highlight the importance of biodiversity, scenic beauty, and the need for forest conservation in the



tutelar hills of Yopal, particularly Cerro El Venado, which improves the quality of life for Yopal's residents.

Methodology: The research is conducted in six temporary plots: three in forested areas and three in silvopastoral systems. In these plots, the diameter at breast height (DBH) and total stem height of trees are measured to quantify carbon fixation. A total of 35 species in the stem stage were identified. The aboveground biomass is calculated using allometric models, with field data such as tree diameter and total height entered into the models.

Results and conclusions: The results show that the forests store between 35.14-14.05 tons/ha of aboveground

biomass, while silvopastoral systems store between 3.85-2.26 tons/ha. In terms of carbon dioxide, the forests sequester an average of 45.13 tons/ha, while silvopastoral systems store 3.05 tons/ha. Additionally, the study identifies the area as a biological corridor for fauna migrating between the savannah and the Andean mountain range. Scenic beauty is also emphasized, as the Cerro El Venado foothills create a microclimate that benefits the city of Yopal. The study concludes that protecting these forested areas is vital for enhancing the quality of life in Yopal.

Keywords: Climate; carbon capture; global warming; mitigation, soil erosion, Climate change

1. INTRODUCCIÓN

El tema que trata la presente investigación tiene que ver con la capacidad que tienen los bosques (Sumideros de Carbono) y en general la vegetación para mitigar el cambio climático/ calentamiento global, que en esencia es el aumento de la temperatura con dimensiones planetarias. El Panel intergubernamental de cambio climático (IPCC, 2018) ha estimado que los objetivos del Acuerdo de París implican no superar una concentración atmosférica de CO₂ equivalente de 450 ppm (para limitar el aumento de la temperatura a 2°C) o 430 ppm (para 1,5°C) a final de siglo, situación que aún no se tiene controlada; de hecho, el (IPCC, 2018, AR5), indica que desde finales de la década de 1950 el CO₂ aumentó casi 100 ppm, casi 5 veces más rápido que en la primera mitad del registro de observación; estos expertos también indican que existe una relación entre el calentamiento global y los eventos climáticos extremos (olas de calor, ciclones, etc.).

Los bosques ofrecen una capacidad esencial para la captura de los gases de efecto invernadero (GEI) de la atmósfera y evitar repercusiones graves de la crisis climática, absorben CO₂ en

acción directa a su desarrollo y preservación; son una buena medida de soluciones basadas en la naturaleza. De acuerdo con hallazgos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el sector de la agricultura, la silvicultura y otros usos del suelo tienen el potencial de proporcionar hasta un 30 % de las reducciones de emisiones de GEI que se requieren para limitar el calentamiento global a 2°C, a un costo relativamente bajo; debido al almacenamiento de carbono en vegetación e intercambio de este con la atmósfera a través del proceso fotosintético y la respiración; el proceso se da así; el Carbono que conforma la molécula de CO₂ se combina con agua en presencia de brillo solar para formar carbohidratos (azúcares) que se expresan en términos de biomasa generando crecimiento en las plantas y desprendiendo oxígeno para beneficiar los seres vivos; las plantas luego de su deterioro se fijan esta cantidad de carbono en los suelos mejorando la fertilidad y de esta forma se mitiga el cambio climático con la presencia de bosques y de áreas naturales.



Las emisiones de la agricultura y ganadería, y el cambio de uso del suelo representan el 42% del total en la región de América Latina y el Caribe, en esta realidad, las soluciones basadas en la naturaleza representarían una oportunidad de mitigación, restaurar el patrimonio natural a través de la reforestación es también un paso fundamental hacia la descarbonización de las economías. Estas inversiones son seguras para almacenar carbono y brindar un servicio global a la humanidad, es una forma efectiva de recuperar servicios ecosistémicos (como el suministro de agua y el uso de la tierra) que son vitales para reducir vulnerabilidades y evitar desastres ecológicos, existe la certeza que los árboles son eficientes en la captura de carbono;

El presente estudio tiene como objetivo cuantificar la cantidad de carbono en biomasa aérea de los bosques y los sistemas silvopastoriles en la Vereda la Upamena; sector de Balconcitos, Municipio Yopal; de otra parte se describen dos servicios ecosistémicos adicionales observados en las visitas de trabajo y que han sido identificados por la administración municipal así: 1) biodiversidad/ corredor biológico y de tránsito de especies de fauna de la

sabana a la cordillera Andina, que se presenta con el cambio en las condiciones de tiempo (lluvia, menos lluvia), dado que se tiene déficit hídrico muy marcado y las especies de fauna silvestre para protegerse se desplazan buscando condiciones favorables para la supervivencia en la época de baja en la precipitación y 2) belleza escénica por la particularidad de las estribaciones de los cerros denominados cerro El Venado, que se constituyen en barrera que atrapa la corriente de aire que se desplaza de la sabana, favoreciendo el microclima de la ciudad de Yopal en la épocas de mayores temperaturas, lo que genera bienestar en la comunidad que habita la ciudad de Yopal.

Para el cálculo de la captura de carbono la investigación está basada en información recogida de fuentes primarias, datos de campo, capturados en pacerlas temporales, soportados en documentos científicos recopilados, información secundaria tomada en el bosque húmedo tropical; el tema tiene desarrollo, en la comunidad científica pero la población tiene poca conciencia de los efectos de las emisiones atmosféricas; como factor que exagera el cambio climático. El estudio se realiza mediante seis (6) parcelas temporales, tres, en bosque y tres en

sistemas silvopastoriles; para dar cuenta de la cantidad de carbono fijado, 1) Se mide; DAP a 1,3m de altura y altura total del tallo en metros de árboles fustales, datos que se ingresan a ecuaciones alométricas, para el cálculo de biomasa en toneladas, que finalmente se calculan en Ton/ha. Finalmente, el almacenamiento de carbono en la biomasa se calculó utilizando el valor default de fracción de carbono 0,5.

2. METODOLOGÍA

El estudio se realizó en dos sistemas de uso del suelo así:

Para el estudio experimental, se instalaron seis (6) parcelas temporales; de éstas tres, en bosque y tres en sistemas silvopastoriles, las parcelas medidas tenían 1000 m² cada una para tomar datos en el componente arbóreo como altura total (m) y diámetro a (1,3 m) de altura de todos los árboles con $DAP \geq 5$ cm.

2.1 Características y conformación de las áreas de bosque en estudio

El presente estudio tiene como objetivo principal cuantificar la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea de los bosques y sistemas silvopastoriles en la vereda Upamena, sector Balconcitos, Municipio de Yopal, e identificar otros servicios ecosistémicos relevantes, como la biodiversidad y su función como corredor.

El bosque es el uso del suelo protegido por cobertura nativa que tiene dos espacios de ubicación; el primero bosque protector ubicado al norte de la sede de la décimo sexta brigada del ejército, de Casanare; cobertura de conservación que se ha mantenido por largo periodo dado que el ejército por su misión requiere aislamiento de la población civil, para su quehacer y entrenamiento; lo que ha facilitado la preservación de una alta proporción del área de propiedad del ejército y con este la conservación de especies vegetales y de fauna; este mismo tipo de cobertura se ubica en la ronda de las fuentes hídricas del área de estudio (Caño la

Upamena, caño Usibar y la ronda hídrica del río Cravo sur) en el presente estudio se identifican veinticinco (25) especies vegetales que se enlistan en la

tabla 1, en esta misma tabla se presenta las especies localizadas en los sistemas silvopastoriles así.

Tabla 1. Listado de especies localizadas en el área de estudio

Especies arbóreas y arbustivas localizadas en el bosque			Especies arbóreas y arbustivas localizadas en los sistemas silvopastoriles		
No.	Nombre común	Nombre científico	No.	Nombre común	Nombre científico
1	Arrayan Candeleró/	<i>Mircia sp</i>	1	Abejón	<i>Astronium graveolens</i>
2	Saladillo	<i>vochysia vismiifolia</i>	2	Arrayan	<i>Mircia sp</i>
3	Caruto	<i>Genipa americana</i>	3	Candeleró/ Saladillo	<i>Caraipa llanorum</i>
4	Cenizo	<i>Pollalesta sp</i>	4	Cañafistol	<i>Cassia moschata</i>
5	Chicharro	<i>Muntingia calabura</i>	5	Caracaro	<i>Enterolobium ciclocarpum</i>
6	Cimaru	<i>Cimaru amara</i>	6	Caruto	<i>Genipa americana</i>
7	Coloradito	<i>Weinmania tomentosa</i>	7	Cedro rosado	<i>cedrela odocrata</i>
8	Cordoncillo	<i>Piper aduncun</i>	8	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>
9	Cruceto	<i>Brownea ariza</i>	9	Guamo	<i>Inga densiflora</i>
10	Guacharaco	<i>Cupania sp</i>	10	Ilan ilan	<i>Cananga odorata</i>
11	guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	11	Laurel amarillo	<i>Nectandra sp</i>
12	Guamo loro	<i>Inga densiflora</i>	12	Manirito/ maiztostado	<i>Coccoloba acuminata</i>
13	Higuerón	<i>Ficus sp</i>	13	Mapaso	<i>Annona squamosa</i>
14	Hobo	<i>Spondias mombin</i>	14	Onoto	<i>Bixa orellana</i>
15	Laurel Amarillo	<i>Nectandra sp</i>	15	Palma corozo	<i>Acrocomia aculeata</i>
16	Lechero	<i>Ficus sp</i>	16	Pringamoso	<i>Urticans sp</i> <i>Swartzia macrophylla/</i>
17	Pringamoso	<i>Urticans sp</i>	17	Sangro	<i>Swartzia parvoflora</i>
18	Sangro	<i>Swarzia sp</i>	18	Trompillo	<i>Guarea trichiliodes</i>
19	Trompillo	<i>Guarea trichiliodes</i>	19	Tucuragua/ Mapaso	<i>Anona squamosa</i>
20	Tuno	<i>Miconia squamosa</i>	20	Tuno	<i>Miconia squamosa</i>
21	Turma de perro	<i>Caesalpinia sp</i>	21	Turma de perro	<i>Caesalpinia sp</i>
22	Uvero	<i>Coccoloba uvifera</i>	22	Vara blanca	<i>Casearia corymbosa</i>
23	Vara santa	<i>Triplaris americana</i>	23	Vara santa	<i>Triplaris americana</i>
24	Yarumo	<i>Cecropia peltata</i>	24	Yarumo	<i>Cecropia peltata</i>
25	Zamuro	<i>Cordia gerancantus</i>	25	Zamuro	<i>Cordia gerancantus</i>

Autores: 2024

Los bosques y los sistemas agroforestales tienen en común trece (13) de las veinticinco (25) encontradas en los dos (2) usos del suelo, como se presenta en la tabla 1; que son: *Mircia sp*, *Genipa americana*, *Guazuma ulmifolia*, *Nectandra sp*, *Urticaria sp*, *Swarzia sp*, *Guarea trichiliodes*, *Miconia squamosa*, *Caesalpinia sp*, *Triplaris americana*, *Cecropia peltata* *Cordia gerancanthus*, aquí se identifican individuos arbóreos y arbustivos entre 3-22m de altura y diámetros entre 0,06-0,69m.

2.2 Características de las áreas en sistemas silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles en estudio están constituidos 1) componente herbáceo que son especies de la familia Poaceae/gramíneas, pudiendo encontrar pasturas nativas sectorizadas; sin embargo el espacio, está dominando por *braquiarias decumbens*; 2) componente forestal tipo arbóreo arbustivo existen especies que por regeneración natural e interés de los dueños de predios se han protegido al momento de la limpieza de

áreas de pasturas, por lo que han perdurado, esto para indicar que no se trata de especies plantadas por la comunidad; son individuos de la vegetación nativa que han sobrevivido a las talas por interés de quien da mantenimiento; algunas se ubican dentro de las áreas de pasturas, como sombrío de árboles aislados y otras en las divisiones de potrero como cercas vivas/ postes vivos, lo que permite aumentar la cobertura vegetal; con diámetros entre 0,05-0,81m y alturas entre 3-23m.

En el procesamiento de resultados la biomasa se estimó ingresando los valores de diámetro a los 1,3m, altura total y la densidad de la madera por especie en el modelo alométrico, seleccionado de la plataforma web Globalometree; dentro del modelo se toman datos de densidad de la madera por especie, que se presentan en el repositorio digital de Global Wood Density Database (GWD) (Zanne, López, Coomes, Llic Jansen, Lewis, Miller, Swenson, Wiemann, Chave, 2009); el modelo se presenta en la tabla No. 2.

Tabla 2. Ecuación alométrica utilizada en el estudio de reservas de carbono en biomasa aérea.

Especie	Modelo	R ² ajustado	Fuente	Observaciones
Bosque húmedo tropical	B = Exp (-2,289 + 0,937 * Ln((dap) ² * (H) * (D)))	0,95	Álvarez, Duque, Saldarriaga, Cabrera, Del Valle, Lema, Moreno y Orrego (2012)	Ecuación de cálculo de biomasa de todas las especies de bosque

Notas: R² ajustado: coeficiente de determinación ajustado; B: biomasa aérea (t/ha); dap: diámetro a la altura de pecho (m); H: altura total (m); log: logaritmo base 10; d30: diámetro del tronco a 30 cm de altura (cm); Ln: logaritmo natural (base e). D: densidad

Fuente: Álvarez, Duque, Saldarriaga, Cabrera, Del Valle, Lema, Moreno y Orrego (2012)

El almacenamiento de carbono en la biomasa se calculó utilizando el valor default de fracción de carbono 0,5 (IPCC, 2003); se empleó el diseño experimental completamente al azar con los usos del suelo (Bosques, sistemas silvopastoriles) como tratamientos y tres repeticiones.

Calculada la cantidad de carbono para llevarlo a CO₂ como molécula la literatura reporta que la tasa de fijación se cuantifica en términos de dióxido de carbono equivalente (CO₂e), usando una constante de 3,67 (IPCC, 2006), que consiste en la relación de pesos moleculares del CO₂.

Análisis estadístico. El estudio se desarrolló mediante un diseño experimental completamente aleatorio con dos sistemas de uso del suelo como tratamientos y tres repeticiones, utilizando el software de análisis estadístico Infostat (versión estudiantil 2018). Se realizó un análisis de varianza a las variables estudiadas mediante la prueba ANOVA, además de la comparación de medias mediante la prueba LSD Fisher (Fisher 2009) entre tratamientos con un nivel de significancia de 0,05.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies que se han identificado en la instalación y toma de datos de las parcelas temporales para cuantificar el carbono aéreo son 35 entre las que se cuentan: Abejon (*Astronium graveolen*), Arrayan (*Mircia sp*), Candelero/ Saladillo (*vochysia vismiifolia*), Cañafistol (*Cassia moschata*), Caracaro (*Enterolobium cyclocarpum*), Caruto (*Genipa americana*), Cedro rosado (*cedrela odorata*), Cenizo (*Pollalesta sp*), Chicharro (*Muntingia calabura*), Cimarú (*Cimarú amara*), Coloradito (*Weinmania tomentosa*), Cordoncillo (*Piper aduncun*), Cruceto (*Brownea ariza*), Guacharaco (*Cupania sp*), Guacimo (*Guazuma ulmifolia*), Guamo

(*Inga densiflora*), Higuero (*Ficus sp*), Hobo (*Spondias mombin*), Ilan ilan (*Cananga odorata*), Laurel (*Nectandra sp*), Lechero (*Ficus sp*), Manirito/ maiztostado (*Coccoloba acuminata*), Mapaso/Tucuragua (*Annona squamosa*), Onoto (*Bixa orellana*), Palma corozo (*Acrocomia aculeata*), Pringamoso (*Urticans sp*), Sangro (*Swarzia sp*), Trompillo (*Guarea trichiliodes*), Tuno (*Miconia squamosa*), Turma de perro (*Caesalpinia sp*), Uvero (*Coccoloba uvifera*), Vara blanca (*Casearia corymbosa*), Vara santa (*Triplaris americana*), Yarumo (*Cecropia peltata*), Zamuro (*Cordia gerancantus*).

Tabla 3. Remoción de Carbono ocasionada en los bosques y sistemas silvopastoriles localizados en las áreas del Cerro el Venado del Municipio de Yopal

Replica	Uso	Biomasa aérea	Carbono en T/ha
1	Bosque	35,136	17,568
2	Bosque	16,504	8,252
3	Bosque	14,049	7,0245
Promedio		21,896	10,95
1	Silvopastoril	3,854	1,927
2	Silvopastoril	2,261	1,1305
3	Silvopastoril	2,018	1,009
Promedio		2,711	1,355

Fuente: Autores, 2024

N: 6; Replicas: 3; Error: 2,36; Medias: Bosque: 10,95; sistema silvopastoril: 1,36; Alfa=0,05

Se encontraron diferencias significativas entre la captura de carbono de los bosques y los sistemas silvopastoriles, siendo la captura de carbono para bosques 10,95/ha de biomasa aérea y los sistemas silvopastoriles 1,36t/ha; que en términos de dióxido de carbono son en promedio 40,19ton/ha en bosques y 4,97t/ha para sistemas silvopastoriles lo cual contribuye a la mitigar el cambio climático.

El valor encontrado es inferior al valor propuesto para almacenamiento de carbono en biomasa por parte del IPCC (2006) que es 141 t C/ha, superiores al valor encontrado en el presente estudio en Bosques que ha sido objeto de entresacas o talas selectivas de especies valiosas por su tamaño y calidad de la madera, lo que ha ocasionado reducción de captura de carbono. Sin embargo, se considera sumidero de carbono; que se ubica de manera estratégica.

Vela et al., (2012); indican que los rodales perturbados de oyamel, en promedio, almacenan 30 t C/ha, que son valores muy similares a los encontrados en los bosques en estudio, también se identifican otros autores que han estudiado la captura de carbono en biomasa de los bosques así: Phillips et

al. IDEAM (2011, p. 29) “compara la biomasa calculada para bosques nativos por diferentes sistemas así: la clasificación bioclimática de Holdridge, con una incertidumbre asociada a la estimación de 18,0%, se observa que la biomasa aérea varía entre $91,4 \pm 11,1$ t/ha y $334,5 \pm 126,8$ t/ha, mientras que la biomasa aérea promedio es de 255,2 t/ha en el sistema Land Cover Classification System la biomasa aérea varía entre $119,4 \pm 45,1$ t ha/ y $378,3 \pm 126,8$ t/ha, mientras que la biomasa aérea promedio es de 195,7 t/ha” .

Por su parte, al emplear la estratificación que sigue la propuesta de Chave et al. (2005), se encontró que la biomasa aérea total promedio estimada es de 214,2 t/ha, con valores mínimos y máximos de $105,1 \pm 5,8$ t/ha y $272,8 \pm 50,9$ t/ha, respectivamente.

Finalmente, al emplear el sistema de clasificación propuesto por Phillips et al. (2010) la biomasa aérea potencial en los bosques de Colombia varía entre $104,5 \pm 5,3$ t/ha y $334,6 \pm 52,1$ t/ha, con un promedio de ca. 294,0 t/ha

Casanova (2011), que concuerda en indicar que los sistemas agroforestales, aunque no están diseñados principalmente para el secuestro de carbono ofrecen una oportunidad para

aumentar las reservas de carbono en la biosfera terrestre

En árboles la captura de carbono se realiza durante su crecimiento y desarrollo, cuando la vegetación arbórea ha llegado a su madurez captura pequeñas cantidades de CO₂ para la respiración, pero el carbono capturado permanece almacenado durante la vida del bosque. (Ordoñez y Mancera, 2001. p.6). Todo lo anterior para indicar que los bosques estudiados capturan carbono y con ello mitigan el cambio climático; en rango de medio a bajo y que otros estudios han reportado valores similares, por lo que se requiere conservar los bosques para ampliar la cantidad de fijación de carbono en estas áreas naturales.

En cuanto a los servicios ecosistémicos del Paisaje

El cerro el Venado se caracteriza como un “paisaje natural excepcional por sus pendientes extremas y su connotación de hacer parte de las últimas estribaciones de la cordillera oriental”; siendo el cerro tutelar de la ciudad de Yopal; que conforma el Lomerío estructural denudacional (Alcaldía de Yopal, 2013), Plan básico de

ordenamiento territorial municipio de Yopal- Casanare, acuerdo 024/2013).

Castillo, Chaparro, Gaitán, & Urrego (2017) estimaron el total de visitas al Cerro en 13.531 personas a la semana. En encuesta realizada a 62 visitantes del Sector La Virgen en el Cerro El Venado, se encontró una percepción positiva de Yopal y su entorno natural como el del mirador la Virgen, aunque también un reconocimiento de sus problemas ambientales en especial la contaminación por residuos sólidos y un autoconocimiento como parte del problema y parte de la solución.

El “Plan de ordenamiento territorial del municipio de Yopal” aprobado por el Acuerdo municipal N°024 de 2013, vigente hasta el año 2027, en su Artículo 39. “delimitación de las áreas de protección para el suelo urbano; el área urbana del Municipio de Yopal indica que hay interconexión enmarcada en medio de tres elementos paisajísticos naturales importantes, que hacen parte de la estructura ecológica principal del municipio y que son reconocidos por la población: el cerro el Venado, el río Cravo sur, y el parque La iguana, los cuales tienen trascendencia desde lo

rural a lo urbano (Alcaldía de Yopal, 2013).

Biodiversidad, se ha identificado como un corredor biológico y refugio de diferentes especies de flora y fauna, riqueza identificada por la comunidad científica local y sus moradores, se puede indicar que esta zona de cerros aledaña a las estribaciones de la cordillera oriental permite la comunicación entre los andes y la llanura, mediante la cuenca del río Cravo sur, lo que facilita la movilidad.

Según (CORPORINOQUIA, POMCA Río Cravo Sur, 2019) la zona presenta una alta riqueza para aves y anfibios y una baja riqueza para mamíferos y reptiles. Esto se debe a la presencia del ecotono que permite un hábitat ideal

para especies de alta movilidad, como en el caso de las aves y refugio para las especies de anfibios.

Como limitantes en el desarrollo de la investigación se tienen:

Recursos económicos, para la ejecución de este proyecto la Universidad Nacional Abierta y a Distancia asumió los salarios de los profesionales, pero los gastos de desplazamiento fueron con cargo a los autores, lo que dificulta la toma de mayor cantidad de información.

De otra parte, la comunidad en algunos espacios no permitió la toma de datos, generando la necesidad agrupar las parcelas, en los predios donde se captura la información.

4. CONCLUSIONES

Se identifican tres servicios ecosistémicos relevantes en el área de estudio:

Captura de CO₂ en el bosque local es de 40,19ton/ha y 4,97t/ha en sistemas silvopastoriles; valor bajo. Por lo anterior se requieren medidas de gestión de los sumideros y fuentes de dióxido de carbono, para lograr incrementar el

secuestro de C y contribuir a que los bosques continúen prestando el servicio de captura de carbono para contribuir en mayor valor a la mitigación al cambio climático.

En Biodiversidad, se ha identificado como un corredor biológico y refugio de diferentes especies de flora y fauna, riqueza identificada por la comunidad

científica local, que ha aprovechado este recurso aplicando al avistamiento de aves, siendo esta un área suburbana del Municipio de Yopal.

Paisajismo el cerro el Venado se caracteriza como un “paisaje natural excepcional por sus pendientes extremas y su connotación de hacer parte de las últimas estribaciones de la

cordillera oriental”; siendo el cerro tutelar de la ciudad de Yopal; que conforma el Lomerío estructural denudacional, que genera beneficios a la ciudad por ofrecer paisaje particular que además se constituyen en barrera que atrapa la corriente de aire y refresca la ciudad de Yopal, en la época de temperaturas extremas.

REFERENCIAS

- Alcaldía de Yopal, Departamento de Casanare. (2013). Plan básico de ordenamiento territorial municipio de Yopal- Casanare, acuerdo 024/2013.
- Bandera, H. (2022). Diseño del producto turístico para la ruta de la cuenca del río Cusiana-Colombia. Sogamoso, Aquitania, Pajarito, Labranza grande, Yopal, Aguazul, Maní, Tauramena y Chámeza. Bogotá: Mincomercio.
- Bárcena, A., Samaniego, J., Peres, W., & Alatorre, J. E. (2020), La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción? Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45677/S1900711_es.mobi.
- Brown, S. Sathaye, J., Cannell, M y Kauppi, P. (1996). Mitigation of carbon emissions to the atmosphere by forest management. *Forestry Review*. 75(1), 80-91. <https://www.jstor.org/stable/42607279>
- Casanova, F., Petit, J., Solorio, J. (2011). Los sistemas agroforestales como alternativa a La captura de carbono en el Trópico Mexicano. *Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. Universidad Autónoma de Yucatán, México, 17(1), 5-118

- Castillo, C., Chaparro, N., Gaitán, A., & Urrego, A. (2017). Diagnóstico, formulación e implementación de un Programa de Educación Ambiental para el mirados La Virgen de Yopal, Casanare. Proyecto de grado para Ingeniería Ambiental, Fundación Universitaria de San Gil - UNISANGIL, Yopal.
- CEPAL (2020), Construir un nuevo futuro: una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad. In (LC/SES.38/3–P/Rev.1).
- CHAVE, J., ANDALO, C., BROWN, S., CAIRNS, A., CHAMBERS, J.Q., FOLSTER, H., FROMARD, F., HIGUCHI, N., KIRA, T., LESCURE, J.P., NELSON, B.W., OGAWA, H., PUIG, H., RIERA, B. & YAMAKURA, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145: 87-9.
- Fisher, B., Turner, K.R., Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68(1), (pp. 643-653).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800908004424>
- CORPORINOQUIA. (2019). Actualización POMCA Plan de ordenación y manejo de la cuenca del Río Cravo Sur. Yopal.
- Encyclopedia of Life. (2024). Global Wood Density Database [Data set]. Zenodo.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.13322441>
- IICA. (2012). Potencial de servicios ambientales en la propiedad social en México – IICA – México. DOI: <http://repositorio.iica.int/handle/11324/6084>
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM, (5 de junio de 2024). Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales, Programa de Meteorología aeronatica, Cartas climaticas medias mensuales temperatura Precipitación Media Mensual.
<https://bart.ideam.gov.co/cliciu/yopal/temperatura.htm>
- IPCC - Intergovernmental panel on climate change. (2006). Pautas para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Preparado por el Programa Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japan. <https://www.ipcc.ch/documentation/>

IPCC, Masson–Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.–O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P., Pirani, A., Moufouma–Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., & Tabatabaei, M. (2018). Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre–industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.

<https://doi.org/10.1017/9781009157940>.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2003). National Greenhouse Gas Inventories Programme Intergovernmental. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. En IPCC Good Practice Guidance for LULUCF, Chapter 4: Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol, Panel on Climate Change (pp. 113-116). Hayama, Kanagawa, Japón.

Ordóñez, J.A. & Mansera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. Madera y Bosques. 7(1):3-12.

Phillips J.F., Duque A.J., Yepes A.P., Cabrera K.R., García M.C., Navarrete D.A., Álvarez E. & Cárdenas D. (2011). Estimación de las reservas actuales (2010) de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia.

Ruiz, A. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. Bio Ciencias 4(1) Pág. 3-15.

Samaniego, J. y otros. (2022). Soluciones basadas en la naturaleza y remoción de dióxido de carbono, Documentos de Proyectos (LC/TS.2022/224), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

<file:///C:/Users/blanca.carvajal/Downloads/victorw,+biociencias4-1.pdf>

Vela, G., López, J., Rodríguez, M. (2012). Niveles de carbono orgánico total en el Suelo de Conservación del Distrito Federal, centro de México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 77(1) 18-30.



Licencia de Creative Commons

Revista Working Papers ECAPMA is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Fecha de recibido: 29-11-2024
Fecha de aceptado: 05-04-2025
DOI: 10.22490/ECAPMA.7544

ESTIMACIONES DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN LIXIVIADOS DE SUELOS AGRÍCOLAS CON ALTA SATURACIÓN DE MAGNESIO INTERCAMBIABLE

ESTIMATES OF NITROGEN AND PHOSPHORUS IN LEACHATE FROM AGRICULTURAL SOILS WITH HIGH SATURATION OF EXCHANGEABLE MAGNESIUM

Milton Cesar Ararat Orozco

Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2482-1834>

Email: milton.ararat@unad.edu.co

Oscar Eduardo Sanclemente Reyes

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

<https://orcid.org/0000-0003-0283-2524>

oscar.anclemente@unad.edu.co

Citación: Ararat, M. y Sanclemente, O. (2025). Estimaciones de nitrógeno y fósforo en lixiviados de suelos agrícolas con alta saturación de magnesio intercambiable. *Working Papers ECAPMA*, 8(1), 53 – 63. <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.7544>



RESUMEN

Contextualización: la cuantificación de parámetros químicos en los lixiviados aporta una información técnica para el estado de salud del suelo frente a la pérdida de nutrientes. Estos resultados hacen parte de la gestión de investigación institucional de la UNAD en el proyecto denominado “Efecto de enmiendas y fertilización nitrogenada sobre la productividad de caña de azúcar en condiciones de suelos del Valle del Cauca con alta saturación de Mg^{+2} intercambiable”.

Vacío de conocimiento: en la problemática de suelos agrícolas con tendencia a la salinidad y de alta saturación de magnesio (Mg^{+2}) intercambiable se limita la productividad de cultivos como la caña de azúcar, por esto se hacen cuestionamientos acerca del desconocimiento de algunas interacciones de propiedades químicas de lixiviados que podrían contribuir al manejo edáfico; en este sentido, el nitrógeno (N) y fósforo (P) son dos de los nutrientes más limitantes en sistemas de cultivo de caña de azúcar y sus formas disponibles, entonces, una pregunta asociada a este problema es:

¿macronutrientes como N y P podrían perderse por lixiviación en el suelo con diferentes manejos de enmiendas?

Propósito: definir el manejo agronómico de diferentes enmiendas a partir de la determinación en laboratorio de las cantidades de nitratos y fosfatos en los lixiviados de suelos con alta saturación de magnesio intercambiable.

Metodología: en el Valle del Cauca se emplearon muestras de suelo con dosis y aplicaciones de las enmiendas agrícolas (sulfato de calcio y compost de cachaza). La estimación de formas de nitrógeno (nitratos) y fósforo (fosfatos) se realizó por determinación colorimétrica en un tiempo de monitoreo de 5 semanas.

Resultados y conclusiones: los nitratos y fosfatos en los lixiviados se consiguieron en suelos sin aplicación de enmiendas y los tratamientos con compost de cachaza determinaron las menores pérdidas de fosfatos.

Palabras clave: caña de azúcar, fosfatos, nitratos, salinidad del suelo

ABSTRACT

Contextualization: The quantification of chemical parameters in the leachate provides technical information for the state of soil health in the face of nutrient loss, therefore, these results are part of the institutional research management of the UNAD in the project called “Effect of amendments and nitrogen fertilization on sugarcane productivity in soil conditions of Valle del Cauca with high saturation of exchangeable Mg^{+2} ”.

Knowledge gap: In the problem of agricultural soils with a tendency to salinity and high saturation of exchangeable magnesium (Mg^{+2}), the productivity of crops such as sugar cane is limited, and this is how questions are raised about the lack of knowledge of some interactions. of chemical properties of leachates that could contribute to soil management; In this sense, nitrogen (N) and phosphorus (P) are 2 of the most limiting nutrients in sugarcane cultivation systems and their available forms, therefore, a question associated with this problem is: could they be lost

through leaching in the soil with different management of amendments?

Purpose: Laboratory determination of the amounts of nitrates and phosphates in leachates from soils with high saturation of exchangeable magnesium to define the agronomic management of different amendments.

Methodology: In soils from Valle del Cauca, soil samples were used with doses and applications of agricultural amendments (calcium sulfate and cachaça compost. The estimation of forms of nitrogen (nitrates) and phosphorus (phosphates) was carried out by colorimetric determination in a time 5-week monitoring.

Results and conclusions: The nitrates and phosphates in the leachates were obtained in soils without the application of amendments; Treatments with cachaça compost determined the lowest losses of phosphates.

Keywords: nitrates, phosphates, soil salinity, sugar cane

1. INTRODUCCIÓN

En la ciencia del suelo el problema de salinidad por alta saturación de Magnesio (Mg^{+2}), es un tema importante en términos de limitantes en el cultivo de caña de azúcar en el Valle del Cauca, los cuales podrían tener efectos en la reducida oferta de nutrientes en la solución del suelo. A partir de estas condiciones, se incluye el manejo de enmiendas para favorecer la dinámica de microorganismos funcionales del suelo con el fin de proyectar un agroecosistema saludable en función del tiempo.

En la cadena productiva de la agroindustria de la caña de azúcar en el Valle del Cauca, se resalta la identificación e importancia de los suelos magnésicos, cuyas concentraciones pueden estar en niveles cercanos o superiores a los de calcio en las áreas más fértiles, generando mayor susceptibilidad de estos terrenos en la reducción de las propiedades hídricas con concentraciones relativamente más bajas de sodio y otros nutrientes (Madero *et al.*, 2004).

El Mg^{+2} en la fase intercambiable puede disminuir el crecimiento de las plantas debido a un efecto inmediato de toxicidad. La rebaja en la productividad puede atribuirse a

una deficiencia del calcio que es causada por altas concentraciones de Mg^{+2} en el suelo. Por tanto, se recomienda una evaluación minuciosa cuando la relación Ca/Mg sea menor que uno. En este caso la determinación del contenido de Ca^{+2} edáfico disponible es necesario para resolver si se debe completar una enmienda cálcica (García, 1989) y mantener el equilibrio químico de estos dos elementos.

De acuerdo con González (2001), la concentración iónica en las aguas para riego puede variar en función del producto de solubilidad de diferentes solutos predominantes, sujetos al fenómeno de concentración por ascenso capilar (Na^+ , Ca^{+2} , Mg^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) y también por concentración relativa de Ca por HCO_3^- y SO_4^{2-} , (Mthandi *et al.*, 2014); por tanto, es preciso reconocer el papel que puede jugar de forma adversa en los suelos agrícolas la concentración de Mg^+ intercambiable para un posible manejo con enmiendas orgánicas o minerales, teniendo en cuenta que la gran cuenca del Valle del Cauca está dominada por minerales ferromagnesianos.

En la interpretación de la distribución geográfica de los suelos

magnésicos es conveniente aplicar un manejo agronómico, puesto que ya se han tenido en cuenta la influencia de la calidad de las aguas de riego en el equilibrio químico de suelos fértiles en zonas semiáridas como las del Valle del río Cauca (Pla, 1989).

Por las condiciones ambientales anteriores y texturas de suelos francas, una alta cantidad del agua de lluvia o láminas de riego estaría lixiviando sales y otros minerales; por tal razón, las tasas de infiltración relativamente altas podrían lavar

nitratos y fosfatos si no se tienen elementos o moléculas que lo retengan.

De acuerdo con Sanclemente *et al.* (2021), para evitar la pérdida de estos nutrientes en agroecosistémicas, se deben considerar técnicamente labores de manejo de enmiendas y analizar las interacciones bioquímicas que permitan establecer equilibrio dinámico del sistema productivo, para generar rutas de intervención en el marco de la sustentabilidad de cultivos.

2. METODOLOGÍA

Las muestras del suelo agrícola del orden Vertisol fueron obtenidas de un sistema de cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) variedad CC01-1940, cuyos contenidos de humedad están clasificados en C3 según la zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en el Valle del río Cauca (CENICAÑA, 2001). Dichas muestras se colocaron en contenedores de vidrio transparente con volúmenes de suelo conocidos cuyas dosis y aplicaciones de las enmiendas agrícolas se calcularon en función

del volumen de suelo utilizado. Los tratamientos se especifican así:

- Aplicación de enmienda: sulfato de calcio.
- Aplicación de enmienda: compost de cachaza.
- Aplicación de enmienda: compost de cachaza + sulfato de calcio.
- Testigo (sin aplicación de enmienda).

Para simular un riego del cultivo, se aplicó una lámina de agua estimando la capacidad de campo, posteriormente se recolectaron los

lixiviados derivados del proceso (diez repeticiones por tratamiento); las determinaciones de nitratos y fosfatos fueron realizadas en el laboratorio multipropósito de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), campus Palmira.

La estimación de formas de nitrógeno (nitratos) y fósforo (fosfatos) se efectuó por determinación colorimétrica en un tiempo de monitoreo de cinco semanas; para el caso de los iones nitratos, se reducen a iones nitritos en medios ácidos y estos forman una amina aromática resultando un colorante azoico amarillo anaranjado, el rango de valoración es: $1 - 120\text{mg/L NO}_3^-$. En la determinación colorimétrica de los

iones fosfato, el molibdato de amonio forma un ácido-fosfomolibdico con los fosfatos, el cual se reduce a azul de fosfomolibdico. El rango utilizado fue de $0,2 - 5\text{ mg/L POCP}$.

El análisis estadístico de Shapiro-Wilks mostró una distribución normal con un nivel de significancia de $0,05$. Los datos se procesaron de forma descriptiva para identificar los tratamientos con mayores promedios de lixiviación de nitratos y fosfatos. Se tuvo en cuenta el pH y la cantidad de calcio y magnesio intercambiable para el análisis de correlación de *Pearson* clasificándose como positiva (según Hernández *et al* en 2014) y de alta significancia con valores $> 0,90$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El manejo del suelo sin aplicación de enmienda sólida (testigo) fue el tratamiento que presentó las mayores cantidades de nitratos en el

lixiviado (Figura 1) y, en contraste, la enmienda sulfato de calcio presentó los menores valores de esta molécula.

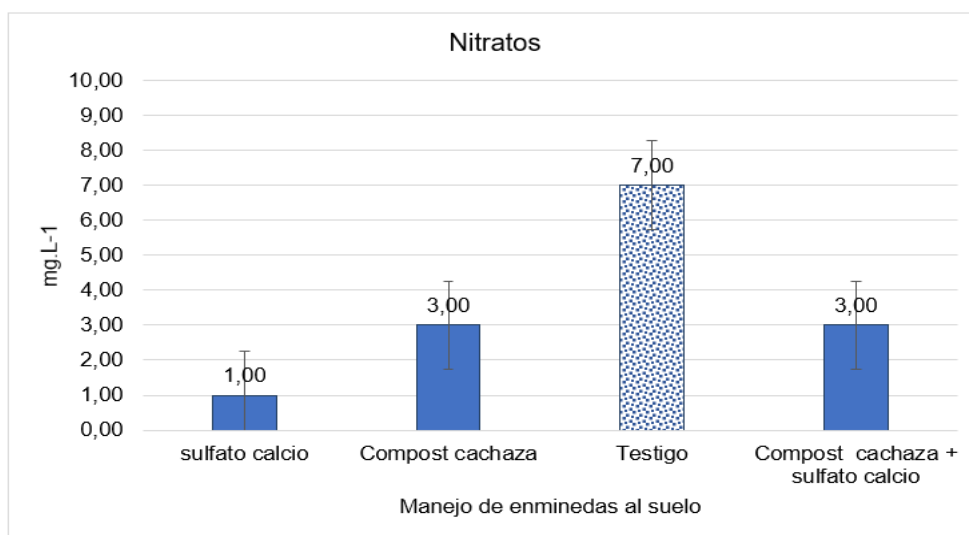


Figura 1. Estimación de nitratos de lixiviados del suelo con aplicación de enmiendas **Fuente:** autores.

Para el caso de fosfatos, se presentó la misma tendencia de lixiviación cuando no se aplicó alguna enmienda, por tanto, los tratamientos que contenían compost de cachaza presentaron los menores valores (Figura 2), lo que podría relacionar una alta retención iónica

por parte de grupos carboxílicos de la materia orgánica, como lo reporta Ararat (2019), donde altas cantidades de materia orgánica y el metabolismo microbiano hacen la función de retención rápida o parcial en el componente mineral del suelo.

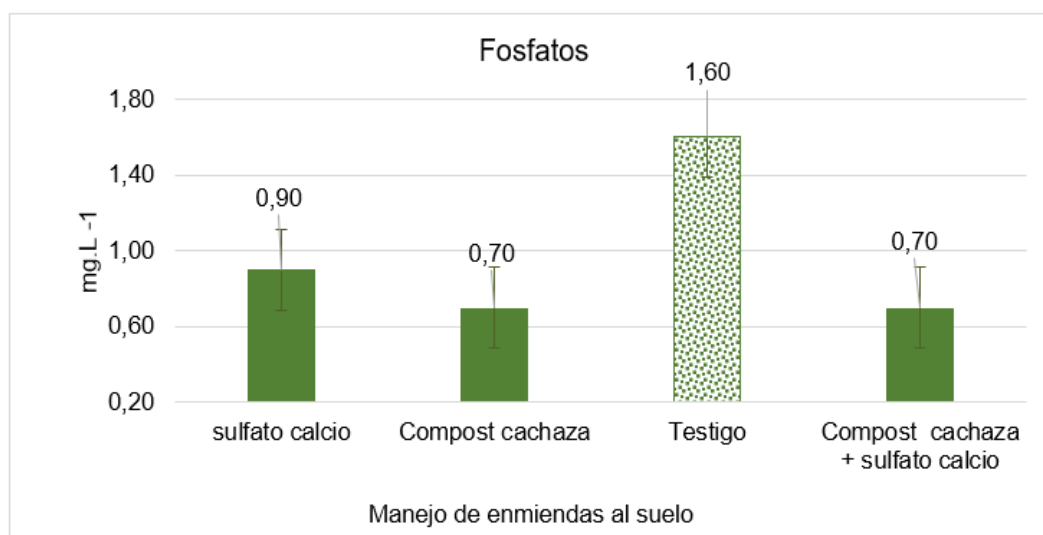


Figura 2. Estimación de fosfatos de lixiviados del suelo con aplicación de enmiendas. **Fuente:** autores.

Para analizar el comportamiento de los tratamientos de enmiendas en función del tiempo (5 semanas), el tratamiento sin aplicación de enmienda (testigo), presentó valores más altos de lixiviación tanto para

nitratos como para fosfatos en cada momento de monitoreo (figuras 3 y 4), presentando una equivalencia de pérdidas de 14,93 kg. ha⁻¹ y 7,57 kg. ha⁻¹ respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Cantidades estimadas de pérdidas de nitratos y fosfatos por lixiviación en el suelo bajo diferentes aplicaciones de enmiendas.

Nutriente	Pérdidas en el suelo (kg. ha ⁻¹) bajo diferentes enmiendas			
	Sulfato calcio	Compost cachaza	Compost cachaza + sulfato calcio	Testigo (sin aplicación)
Nitratos	3,03	8,20	7,48	14,93
Fosfatos	3,00	2,08	1,82	7,57

Fuente: autores.

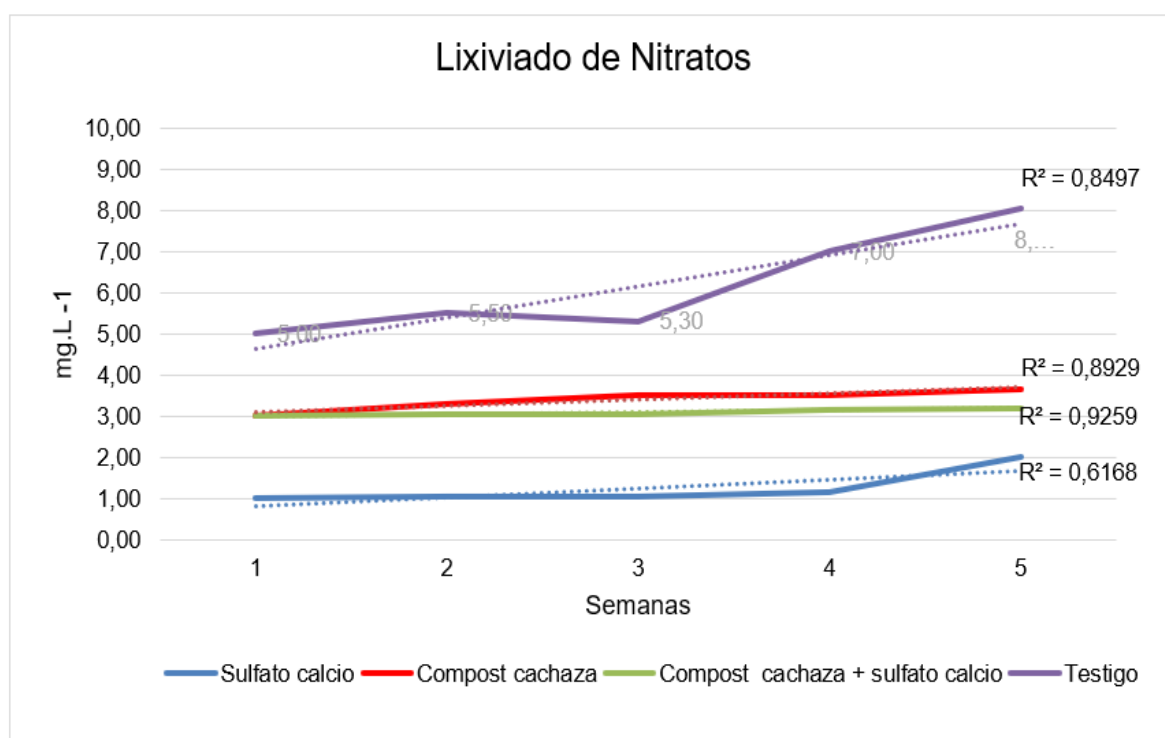


Figura 3. Ilustración de nitratos de lixiviados del suelo con aplicación de enmiendas en función del tiempo. **Fuente:** autores.

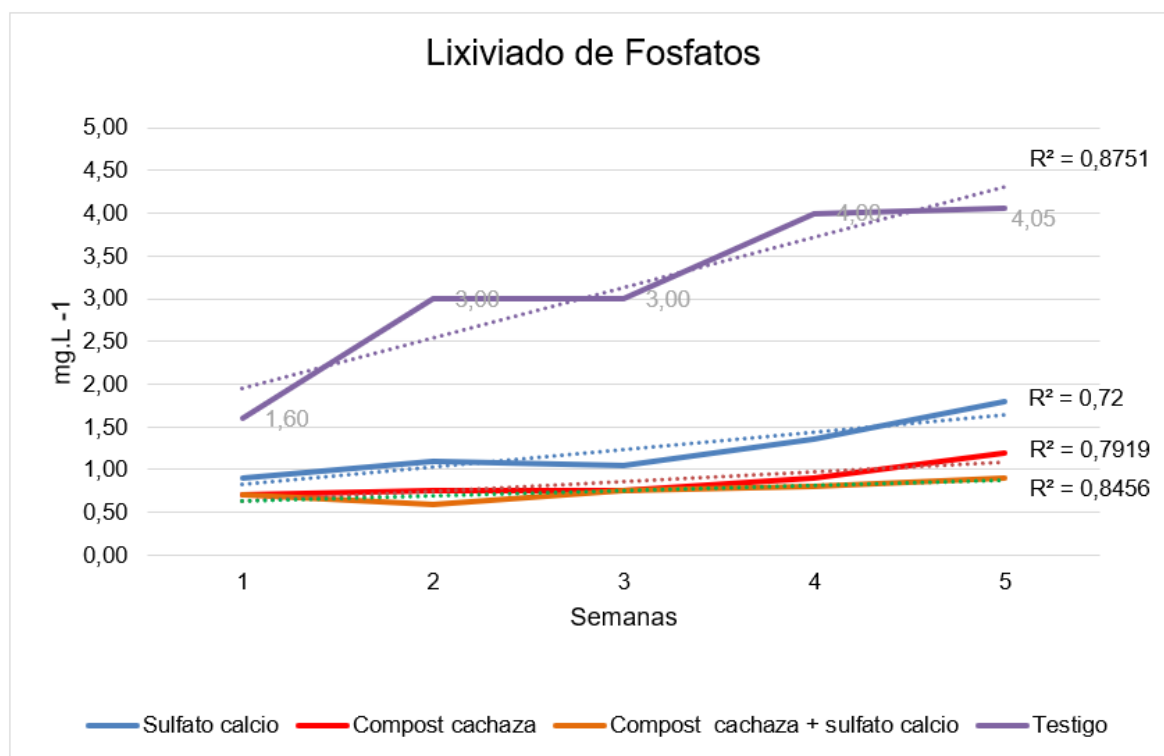


Figura 4. Ilustración de fosfatos de lixiviados del suelo con aplicación de enmiendas en función del tiempo. **Fuente:** autores.

La Tabla 2 expone una correlación positiva fuerte ($> 0,80$), definida como directamente proporcional entre pH del suelo y fosfatos ($0,98$ $p < 0,05$), pero inversamente proporcional con los nitratos ($-0,81$, $p < 0,05$). Esto indica la diferencia de cada nutriente en su ciclo correspondiente con respecto a la reacción del suelo, para el caso de

suelos salinos con alta saturación de Mg^{+2} , se relaciona la deficiencia de nitrógeno en el cultivo de caña con pérdida de nitratos ($0,80$, $p < 0,05$).

Tanto para nitratos como para fosfatos, la lixiviación aumenta en función del tiempo en ausencia de enmiendas.

Tabla 2. Correlación estadística de nitratos y fosfatos con pH y bases intercambiables del suelo

Parámetro químico	pH (1:1)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Ca ⁺² int. meq.kg ⁻¹	Mg ⁺² int. meq.kg ⁻¹
pH (1:1)	1,000				
Nitratos (mg/L)	-0,816	1,000			
Fosfatos (mg/L)	0,980	0,816	1,000		
Ca ⁺² Inter. (meq.kg ⁻¹)	0,082	-0,408	-0,082	1,000	
Mg ⁺² Inter. (meq.kg ⁻¹)	-0,375	0,805	0,375	-0,273	1,000

Fuente: autores.

4. CONCLUSIONES

Las mayores cantidades de nitratos y fosfatos en los lixiviados se obtuvieron en suelos sin aplicación de enmiendas, representado en pérdidas de 14,93 y 7,57 kg.ha⁻¹ respectivamente.

Los tratamientos cuya composición tenían compost de cachaza representaron las menores pérdidas

de fosfatos, lo que indica un factor de manejo de enmiendas en suelos magnésicos.

Se obtuvo una asociación lineal negativa en la correlación de nitratos y pH del suelo (-0,81), lo que implica riesgos de pérdidas de este nutriente a medida que aumenta el pH por salinidad.

REFERENCIAS

Ararat M. y Puentes O. (2019). Comportamiento de la actividad metano-génica específica (AME) en diferentes lodos orgánicos procedentes de la agroindustria del Valle del Cauca. *Documentos De Trabajo ECAPMA*, 3(2). <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.3161>

García, A. (1989). Determinación de la salinidad del suelo. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/20233>.

González A. (2001). Efecto de la aplicación de aguas bicarbonatadas sobre las propiedades físicas y químicas de algunos suelos del Valle del Cauca y Tolima. Tesis Doctoral. Universidad Nacional. de Colombia, Palmira. 138 p.

Hernández R., Fernández C. y Baptista M. (2014). *Metodología de la Investigación*. Editorial Mc GRAW-HILL

Madero E., Malagón C. y García A. (2004). *Una mirada al origen y las propiedades de los suelos magnésicos en el Valle del Cauca, Colombia*.

Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/22021>

Mthandi J., Kahimba F., Tarimo A., Salim B., Lowole M. (2014). Nitrogen Distribution Model: A Farmer and Farm-Centre Model to Monitor N Movement in the Soil. *Journal of Water Resource and Protection*, 6(16).

<http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2014.616141>

Pla I. (1989). *Salsodimar: Un modelo práctico para la predicción y control de la salinidad y sodicidad en tierras de regadío*. Universidad Central de Venezuela. Maracay.

Sanclemente O., Ararat M., Gallo P., García M. (2021). *Relaciones agroambientales en sistemas productivos rurales*. Grupo de Investigación: Producción Sostenible. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

<https://doi.org/10.22490/9789586518048>



Licencia de Creative Commons

Revista Working Papers ECAPMA is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Fecha de recibido: 01-08-2024
Fecha de aceptación: 31-10-2024
DOI: 10.22490/ECAPMA.8380

FORMACIÓN DE NÚCLEOS *Tetragonisca angustula* EN PRODUCCIÓN URBANA DE VILLAVICENCIO: UN ESTUDIO EMPIRICO

FORMATION OF NUCLEI *Tetragonisca angustula* IN URBAN PRODUCTION OF VILLAVICENCIO: AN EMPIRICAL STUDY

Farín Samir Gómez García

Médico Veterinario Zootecnista

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – ECAPMA

Grupo de investigación CAZAO

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0627-1704>

farin.gomez@unad.edu.co

Diana Milena Torres Novoa

Médico Veterinario Zootecnista

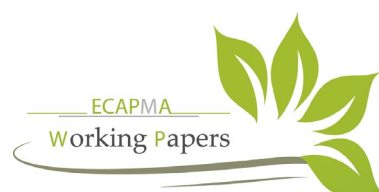
Universidad Nacional Abierta y a Distancia – ECAPMA

Grupo de investigación CAZAO

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3394-7914>

milena.torres@unad.edu.co

Citación: Gómez, F. y Torres, D. (2025). Formación de núcleos *Tetragonisca angustula* en producción urbana de Villavicencio: Un estudio empírico. *Working Papers ECAPMA*, 9(1), 65 – 108. <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.8380>



RESUMEN

Contextualización: La *Tetragonisca angustula* conocida como abeja angelita y pertenece al grupo de las abejas sin aguijón, es una especie promisorio de interés económico debido a la calidad de la miel y la atribución de propiedades medicinales importantes (como regeneración de tejidos), además participan en la polinización de plantas silvestres y otras especies cultivadas por el hombre. Sin embargo, su aprovechamiento se ha realiza de forma extractiva generando daños en los núcleos al ser cosechado o capturados para formar núcleos para el aprovechamiento zootécnico.

Vacío de conocimiento: Aunque se han estudiado los contenedores de uso renovable para la abeja angelita, la formación de núcleos es algo que está aún en controversia; por lo anterior este trabajo se desarrolla de manera empírica y por observación directa, buscando una solución para implementar un protocolo que permita establecer técnicas para la formación de núcleos de *Tetragonisca angustula* y poder fortalecer la población para un meliponario de esta especie en área urbana.

Propósito: El propósito principal de este estudio fue analizar el proceso de formación de núcleos de la abeja *Tetragonisca angustula* en el contexto de la producción urbana de Villavicencio explorando factores como las características del hábitat y la adaptación de esta especie a entornos antropizados.

Metodología: el presente estudio es una investigación empírica a través del método: ensayo y error, efectuando observación directa, para establecer patrones y tomándolos como referentes para comparar núcleos y arquitectura interna, determinando un patrón biológico en la construcción arquitectónica del núcleo por parte de los meliponinos.

Resultados y conclusiones: En este estudio, se observó que las naves utilizadas para establecer el habitáculo de la colmena deben tener una estructura vertical, con dos cavidades (superior e inferior). La arquitectura genética de las abejas sin aguijón, como *Tetragonisca angustula*, está programada para adaptarse a estos espacios, y la nave actúa como una barrera protectora. Aunque carecen de aguijón, estas abejas neutralizan a los agresores a costa de sus vidas. Además, se destaca la importancia del reciclaje

y la consideración del ciclo circadiano al crear nuevos núcleos.

Palabras clave: abeja; colmena; meliponicultura; producción sostenible.

ABSTRACT

Contextualization: *Tetragonisca angustula*, commonly known as the angel bee, belongs to the group of stingless bees. It is a promising species of economic interest due to the quality of its honey and its attributed important medicinal properties (such as tissue regeneration). Additionally, these bees play a role in pollinating wild plants and other species cultivated by humans. However, their exploitation has often been extractive, causing damage to the bee colonies when harvested or captured to form new colonies for zootechnical purposes.

Knowledge gap: Although renewable containers for the angel bee have been studied, the formation of nuclei remains a topic of controversy. Therefore, this work is conducted empirically through direct observation, seeking a solution to implement a protocol that allows for the establishment of techniques for the formation of *Tetragonisca angustula* nuclei and

the strengthening of the population for an urban meliponary dedicated to this species.

Purpose: The process of nucleus formation in the *Tetragonisca angustula* bee within the context of urban production in Villavicencio. The study explored factors such as habitat characteristics and the species' adaptation to anthropized environments.

Methodology: This study is an empirical investigation using the trial-and-error method and direct observation. It aims to establish patterns by comparing nuclei and internal architecture, ultimately determining a biological pattern in the architectural construction of the nucleus by meliponines.

Results and conclusions: In this study, it was observed that the vessels used to establish the hive's habitat must have a vertical structure with two cavities (upper and lower). The genetic architecture of stingless bees, such as *Tetragonisca*

angustula, is programmed to adapt to these spaces, and the vessel acts as a protective barrier. Despite lacking a stinger, these bees neutralize aggressors at their own expense. Additionally, the importance of recycling and considering the circadian cycle

when creating new nuclei is emphasized.

Keywords: Bee; hive; meliponiculture; sustainable production.

1. INTRODUCCIÓN

La meliponicultura o cultivo de las abejas sin aguijón (meliponinos) probablemente alcanzó su máximo desarrollo en el pueblo maya, quienes cultivaban especialmente la abeja *Melipona beechi* y *Trigona angustula*, era tan importante esta actividad que se instauró toda una cultura religiosa alrededor del cultivo de las abejas sin aguijón, pero la introducción de la abeja melífera (*Apis mellifera*) en las Américas, desplazó el cultivo de los meliponinos debido a su capacidad de alta producción de miel, cera y polen; mientras una melífera puede producir 20 litros en un año, las abejas sin aguijón procesan solo un litro (Nates, 2001).

La flora apícola se ha caracterizado principalmente con base en observaciones de las visitas de la

abeja melífera, lo que ha contribuido significativamente al conocimiento de las plantas que les son útiles, pero existe un gran vacío con relación a los miles de especies de abejas silvestres que existen (Miranda et al., 2014). En Colombia y otros países de Suramérica como Brasil y Argentina, se comercializan dos tipos de miel: la producida por *Apis mellifera* y la de abejas sin aguijón (Olaya et al., 2014). En Bolivia, Colombia y Venezuela hay esfuerzos aislados de recuperar el conocimiento y divulgar los métodos y técnicas más acertadas para el cultivo de estas abejas (Nates, 2001).

La especie *Tetragonisca angustula* conocida en Colombia principalmente como “Abeja Angelita o Virgencita”, debido a su

aparición delicada y su costumbre de mantenerse suspendida en el vuelo frente a la entrada del nido, hacen alusión a esta denominación; asimismo esta especie ha sido utilizada y apreciada por la calidad de su miel; habita regiones comprendidas entre los 1.000 a 1.500 metros sobre el nivel del mar en áreas urbanas y en regiones más o menos húmedas, su ciclo biológico desde la postura del huevo hasta la emergencia de la abeja adulta abarca en promedio 36 días, suelen hacer nidos en troncos de bambú, higuerón, guadua y calabazo, pero las celdas no son reutilizadas como sucede con la abeja melífera, sino que son destruidas una vez que la abeja angelita ha emergido; también es de las abejas más limpias que se conocen y por eso su miel es tradicional y ampliamente utilizada en el tratamiento de varias afecciones, especialmente de las

vías respiratorias y los ojos, por lo cual el costo de la miel de *Tetragonisca angustula*, es muy superior al de la *Apis mellifera* (Nates, 2001).

Actualmente, los campesinos suelen mantener nidos de abejas angelitas en las proximidades de sus viviendas para obtener miel de excelente calidad y utilizarla para aliviar algunas enfermedades (Nates, 2001). Pero el valor económico de la polinización es mayor que el de los subproductos como la miel y la cera de abejas; el Reino Unido estimó que el valor de la polinización por abejas asciende (,) por año y hay autores que afirman que la interacción ecológica entre las plantas y las abejas que las polinizan es tan estrecha, que la desaparición de unas implica la extinción de las otras especies (Miranda et al., 2014).

2. METODOLOGÍA.

El presente estudio se realizó en la ciudad de Villavicencio, a una altitud de 467 msnm, con temperatura media de 27°C, humedad relativa de 82% y precipitación anual de 3500 mm (IDEAM, 2024), es una

investigación empírica a través del método: ensayo y error, efectuando observación directa, para establecer patrones y tomándolos como referentes para comparar núcleos y arquitectura interna, determinando un patrón biológico en la

construcción arquitectónica del núcleo por parte de los meliponinos. También fueron consultadas las principales publicaciones científicas en las bases de datos Google Académico, Redalyc, Scielo, Researchgate y se utilizaron fuentes de información disponibles en internet relacionadas con la apicultura, meliponicultura y taxonomía en abejas. De acuerdo con el área de estudio se clasifico en antecedentes, apicultura y meliponicultura y taxonomía para llegar al concepto. De acuerdo con la información obtenida se realizó una reflexión sobre el concepto de la meliponicultura y su importancia en los sistemas productivos.

Se utilizó como núcleo de origen de propagación, una colmena, la cual se estableció como única fuente de formación de nuevos núcleos. Para, el núcleo inicial se instauró una arquitectura de colmena tradicional, similar a la propuesta por Pierre Jean-Prost, siendo una arquitectura de colmena tradicional de madera, con piquera cuerpo, alza de miel (Jean-Prost, P., & Conte 2007), pero sin el mismo tamaño, ni los cuadros utilizados en la apicultura tradicional. Todo esto reducido a escala para la especie *Tetragonisca*

angustula, el núcleo se dispuso de manera tal que estuviera protegido de la lluvia y el sol directo.

Para los nuevos núcleos, se establecieron diferentes materiales para la construcción de la arquitectura, tales como: madera, plástico y concreto, creando contenedores que cumplan con las condiciones de verticalidad de la estructura arquitectónica, para la construcción de su núcleo.

Determinado el promedio de espacio requerido para la construcción de la colmena por las abejas, se estableció que los nuevos contenedores serian de diferente material, con un promedio mínimo de 350 cm³ y máximo de 2000 cm³ para la construcción de su núcleo; asimismo se instauró que el núcleo de abejas está dentro del habitáculo, que en este caso es la estructura física de protección frente a las adversidades del medio ambiente, no siendo utilizado en su totalidad el espacio suministrado para la construcción. Esto tiene una connotación a la adaptación biológica a buscar lugares estrechos para la construcción de sus núcleos, para el manejo de la temperatura interna de la colmena es necesaria para la conservación de la miel, la

incubación de las larvas de abejas; siendo esto una característica que tiene todas las especies de abejas de poder controlar la temperatura de la colmena, estableciendo que por su tamaño, más la sustitución de abejas en el transcurso de la existencia de la colmena, requiere un volumen de 350 a 950 centímetros cúbicos; como máximo y mínimo un promedio de 650 centímetros cúbicos como ideal para la construcción de un modelo de arquitectura para las colmenas, sin importa la forma geométrica, cubico o cilíndrico para la construcción de la nueva colmena para el establecimiento de habitáculo para esta especie la *Tetragonisca angustula*; de acuerdo a lo establecido por otras investigaciones, se establece que para esta especie el manejo de la temperatura de la colmena es fundamental para el bienestar y productividad para esta especie (Torres, Hoffmann, & Lamprecht. 2007).

Arquitectura del núcleo de *Tetragonisca angustula*.

En la actualidad se afirma que hay estudios realizados en diferentes

especies de abejas sin aguijón, sin embargo, autores afirma que “*Son aún pocos los estudios realizados sobre la diversidad de abejas*” (Reyes, Ayala, & Camou. 2017); por esta razón el desarrollo de este estudio se basa en investigación empírica a través del método: ensayo y error, efectuando observación directa, para establecer patrones y tomándolos como referentes para comparar núcleos y arquitectura interna, determinando un patrón biológico en la construcción arquitectónica del núcleo por parte de los meliponinos; así se organizó el referente para la colmena construida por los humanos, con los diferentes materiales mencionados, cumpliendo con los requerimientos biológicos necesarios para el sostenimiento del núcleo, productivo y saludable de abejas sin aguijón.

La mayoría de autores se basan en extrapolar técnicas de manejo de abejas con aguijón, existiendo una gran cantidad de información al respecto, pero en la observación empírica de los núcleos en diferentes condiciones se encuentra que la arquitectura de los nidos tiene un diseño biológico vertical,

tomado su estructura por nivel de abajo hacia arriba, de la nave principal donde se establecerán la estructura de meliponinos, siendo un nido, que está estructurado con una arquitectura constante de abajo hacia arriba, poniendo sus cimientos en las paredes, de involucro laberínticas que le dan una consistencia estructural al nido principal donde se establecerán las cubiertas de cría.

Las celdas de cría en meliponinos son diferentes a las mellíferas, ya que las primeras crean estructuras horizontales que cubren una sobre otra, y la construcción de forma ascendente ordenada, mientras que las mellíferas construyen celdas de cría en columna, similar a una pared e iniciando su construcción de arriba hacia abajo; lo cual se explica desde el punto de vista biológico, ya que los meliponinos buscan refugios que protejan el nido.

En otras investigaciones se afirma que la cavidad de alojamiento para los meliponinos, juegan un papel importante en la construcción arquitectónica de los nidos, el control del ambiente interno de la colonia y darse las condiciones biológicas necesarias para cumplir con sus funciones vitales como

unidad dinámica productiva (Peña, 2015).

En la observación empírica se encuentran que las *Apis mellíferas* tienen una arquitectura en columnas descendentes, que difiere con las cubiertas ascendentes de los meliponinos.

La arquitectura de los nidos es afectada por los flujos de aire dentro de la misma colonia, siendo las cubiertas de cría obstáculos naturales para las corrientes de aire, evitado al máximo la pérdida de calor, indicando que los meliponinos tienen deficiencias en producción de calor, por su tamaño y los individuos por población, que se limitan al tamaño de la cavidad usada como refugio, a esto se le agrega que las cubiertas de cría están sostenidas por el involucro laberíntico, que también cumple con el doble propósito de aislar térmicamente las cubiertas de cría.

En cuanto a las alzas de miel en *Apis mellíferas*, se encuentran bien definidas por estructuras en columna, formando paredes lineales que permiten el paso de aire dentro de la colonia; mientras que en meliponinos no existen este tipo de

diseño; estas para el almacenamiento y reserva de alimento, por consiguiente, lo sitúan en un lugar diferente a los nidos de cría, siendo estos almacenamientos puestos alrededor de involucro haciendo otra capa de aislamiento y almacenamiento.

Las colmenas también pueden ser horizontales, sosteniendo la misma arquitectura para el nido que alberga las cubiertas de cría, sin embargo, la antecámara de la piquera o basurero

siempre está próximo a la escotilla de la piquera, conservando el concepto de colocar lo más distante de la salida de los capullos de almacenamiento de alimentos.

Para este trabajo se define escotilla de la piquera el agujero de entrada a la colmena como lo muestra la figura 1; se define así, ya que es un lugar que puede ser cerrado o abierto por las abejas a su voluntad, para mantener aislado su habitáculo donde esta alojada la colmena.

Figura 1. Piquera de *Tetragonisca angustula*



Fuente: Farín Gómez

Otros autores nos hablan de la cámara de cría de un modo general, como estructuras horizontales (Enríquez, Yurita, & Dardon, 2006); pero en este estudio se establece que el nido de cría está conformado por el involucro que lo rodea, más las cubiertas de cría, siendo todo el conjunto de cubiertas de cría, el espacio interior de involucro, llamado cámara de cría para esta investigación.

Cuando los seres humanos proporcionamos el nido, se le llama colmena (Abejapedia, 2018). En captura se ha observado núcleos de forma horizontal, donde las abejas construyen la alza de miel en lo más profundo de la colmena, separando la miel del exterior, para evitar atraer depredadores de miel, es una posible explicación de esta arquitectura, en otros casos se ha observado que, las abejas además de separar la miel de la escotilla de la piquera, realizan intercalamiento de las cubiertas de cría; pero lo más observado es ver que las cubiertas de cría siempre están cerca de la escotillas de la piquera, es muy normal que las cubiertas de cría este rodeadas por el involucro, y que haya una separación del alza de miel con la de cría, sin importar que la

colmena se construida de forma vertical u horizontal.

Biología del núcleo de *Tetragonisca angustula*.

Es importante establecer que las abejas sin aguijón evolucionaron dando repuesta al medio ambiente que las rodeaba, sus colmenas están defendidas por estructuras externas sólidas, que presentan un obstáculo para sus depredadores y no permiten ninguna amenaza de sus cubiertas de cría, por esta razón la carencia de aguijón está dado como repuestas posiblemente a dos cosas, la primera se debe a que sus colmenas están fuertemente protegidas, y la segunda para ser más eficientes con respecto a peso, permitiendo mucha más capacidad de carga útil por abeja pecoreadora.

Asimismo, biológicamente la arquitectura de las colmenas está dada para permitir la conservación del calor, el aislamiento de frío, y de esta forma crear ambientes compatibles con su biología, permitiendo el sostén de la vida.

Las cubiertas de cría están protegidas por la capa de involucro, generalmente el nido de cría se

puede establecer como una estructura completamente aislada del exterior y el involucro se va reubicando a medida que las necesidades de espacio se van generando dentro de la colmena; convirtiéndose en un material de reciclaje en constante traslocación de construcción dentro de la colmena.

Refugio artificial para formación de colmena.

Dentro de las observaciones empíricas de los núcleos de *Tetragonisca angustula*, se identifica que la construcción es de una arquitectura vertical, de abajo hacia arriba para la construcción del nido que contendrá las cubiertas de cría, así mismo como los meliponinas requieren una piquera que este por debajo del nido de cría, pero que tenga una estructura alta o lateral para la construcción de las ampollas de almacenamiento de la miel; que es lo más típico en los nidos silvestres y los nidos en cajas con manejo zootécnico.

La piquera ideal para esta especie debe ser un agujero de mínimo 2.5 mm y máximo 5 mm, siendo ideal una abertura de 4 milímetros para

estas piqueras, esto facilita la construcción de la escotilla.

Las abejas construyen en la pared vertical donde está el agujero, una escotilla para facilitar la salida y llegada de las abejas pecoreadoras, esta escotilla en días de lluvia y en la noche es operculada y abierta cada mañana de acuerdo con la necesidad de la colmena.

La piquera es una construcción de un tubo, que permite a las abejas pecoreadoras ingresar a ella de forma frontal con respecto a la gravedad, y su vuelo horizontal, facilitado el ingreso y salida de las abejas.

La nave o refugio para establecer la colmena puede ser articulada por varias partes, o ser una única cavidad, pero lo principal es que tenga un espacio no más de 15 cm de ancho, donde las abejas puedan colocar el involucro para poder construir la estructura del nido donde albergarán las cubiertas de cría.

Se define como nave contenedora del nido, a la estructura externa que proporcionará la protección a la colmena, esta nave puede ser una

estructura cerrada herméticamente con un único ingreso de un tamaño no más grande de medio centímetro (5 mm), con una cavidad para albergar el nido, no más grande de 950 ml y mínimo de 350 ml.

De acuerdo a lo observado en este estudio, las abejas tienen mejor eficiencia en naves que son verticales que en las horizontales, así mismo tiene mayor rendimiento en naves o colmenas donde las ampollas de miel son colocadas por encima del nido cría, lejos de la piquera, aunque los meliponinos tiene la capacidad de adaptarse a las condiciones del refugio o nave puesta a su disposición, por tener la necesidad de protección, por ser animales no agresivos y no tener la habilidad de defender su colmena, requiere de naves de protección rígida que proporcionen esta protección.

Se debe construir la colmena con dos alzas, la inferior es la de cría y la superior la de miel. Pueden ser articuladas o ser dos partes diferentes, lo importante es que el alza de miel debe tener una plataforma para que puedan construir allí las ampollas de almacenamiento de miel, de igual

forma en la unión de los dos compartimientos debe existir un agujero de 8 cm o menos, con bordes que formen la unión de las dos alzas y emerja el involucro, que sostendrá las cubiertas de cría.

El involucro crea el soporte para la construcción de las cubiertas de cría, separando el alza de miel donde se construyen las ampollas de almacenamiento de miel; las ampollas de almacenamiento de miel pueden estar colocadas en las paredes del interior, o en el mejor de caso en una superficie horizontal colocadas allí, por cuestión de física para que sostenga el peso de la miel.

Generalmente las abejas del nido donde están las cubiertas de cría no llegan hasta el suelo de la piquera, la piquera es un espacio inferior separado del nido de cría, por medio del involucro, así se define que; en el alza de cría, está el espacio de la piquera y sobre el espacio está colgado el nido cría, compuesto por cubiertas construida de abajo hacia arriba, estructurado por el involucro que le da soporte a las cubiertas de cría.

Por las paredes de aislamiento del involucro está el laberinto que

conduce al nivel superior, que está conectado al alza de miel.

Las colmenas horizontales hacen lo mismo, pero generalmente, crean una cámara anterior de piquera, colocan el nido en la mitad y el involucro como laberinto comunica con la parte posterior que sería la cámara de miel, en los dos casos, la prioridad de las abejas es colocar la cámara de miel lo más lejos de la piquera.

La antecámara de la piquera es un lugar donde otros autores la nombran como el basurero de la colmena, este tiene como fin almacenar los materiales no deseados o que son nocivos para el hábitat de la colmena (Enríquez, Yurita, & Dardón. 2006).

Sin embargo, en las observaciones, no se vio materiales de desecho, o abejas muertas en el fondo de la nave o algún otro lugar que usen como basurero dentro del habitáculo de la colmena, por tal motivo, se establece que las abejas arrojan los desecho directamente por la piquera al exterior.

Habitáculo para formación de colmenas para meloponinos.

El fundamento biológico para la construcción de nuevas colmenas es entender la arquitectura natural de la construcción de la unidad apícola para abejas sin aguijón, ya que las abejas están programadas genéticamente para construir este tipo de diseño; como se expresó en los títulos anteriores, la arquitectura de las colmenas tiene el mismo fundamento, sin embargo, los habitáculos se adaptan como modelos arquitectónicos para el hábitat dentro de una colmena funcional.

Las naves de las colmenas en este experimento fueron construidas con diferentes materiales y sus combinaciones, utilizando materiales dispuestos en esquemas urbanos, como son madera, plástico, ladrillo, eternita, cartón, entre otros. Las abejas *Tetragonisca angustula*, tiene capacidad de adaptación a la nave donde, y los materiales para construir su nido están determinado no por los materiales sino por la protección a depredadores, la capacidad de tener una temperatura estable y fresca, y que tenga una

única piquera por donde pueda ingresar la reina.

Este último parámetro se establece para este trabajo, porque al observar una reina, después de haber realizado su vuelo nupcial su abdomen queda muy distendido, y la reina tiene la apariencia de obrera de abeja africanizada, con la característica que es un animal de vuelo lento y torpe, por tal motivo debe buscar un lugar por donde pueda pasar su abdomen distendido, y debe aprovechar su capacidad de vuelo antes de perder esta función de volar, y comenzar su función de postura.

Metodología para formación de núcleos nuevos.

Para la formación exitosa de un núcleo nuevo que posteriormente se convertirá en una colmena, se realizaron más de 10 repeticiones, divididas en cinco con cubierta de cría y cinco desprovista de cubierta de cría, de igual forma se tendrá en cuenta conceptos biológicos y medio ambientales que tienen influencia directa en el establecimiento de nuevas colmenas de abejas *Tetragonisca angustula*.

Es importante tener en cuenta su comportamiento, ya que se observó que la especie *Tetragonisca angustula*, tiene más de un vuelo nupcial por la nueva reina; en otro estudio de insectos se establece que el comportamiento de estos está regulado por condiciones medio ambientales, y en especial por “*el control circadiano interno de la relación de fase con el ciclo de luz-oscuridad*” (SMcCluskey, 1992), incidiendo a las abejas reinas en los vuelos nupciales, siendo las abejas pecoriadoras las que localizan la nueva nave hábitat para la construcción en el interior de la nueva colmena, para esto las abejas pecoreadoras buscan lugares de difícil acceso, como lugares altos o que estén extremadamente protegidos (paredes, troncos) y que además el habitáculo tenga una sola entrada, que contenga un lugar que posea los 950 cm³ de espacio y la distancia prudencial para colocar el nido de cría, adherido por las paredes del involucro, así mismo que la piquera o entrada no tenga un diámetro mayor a medio centímetro, esto en especial para la protección de la nueva colmena y la reina que esta desprotegida para depredadores, esta piquera que permita el paso de la reina como su

única entrada, porque después de esto ella no volverá a salir del nido jamás, hasta su muerte y remplazo por otra reina.

Para *Apis mellifera*, una obrera puede vivir hasta 16 semanas, en la cual la obrera cumple diferentes roles dentro de la colmena (Jean-Prost & Conte, 2007), en esta observación no fueron determinados tiempos de vida, sin embargo, se asumen que como colonia deben estar presentes estos roles para los meliponinos y con base en ello las abejas *Tetragonisca angustula* que tiene mayor edad pueden tener la disposición de ocupar roles faltantes dentro de los nuevos núcleos creados por división de la población de la colmena, siendo este el principio fundamental para la creación de un núcleo de abejas sin aguijón.

Genéticamente las abejas tienen una programación que se manifiesta a través de la edad, la obrera teóricamente puede tener una vida aproximada de 16 semanas, y su vida fuera de la colmena como pecoriadora será después del día 14, cumpliendo funciones diversas dentro de la colmena antes de estar lista para salir al medio para

colectar miel y polen. (Abejapedia. 2018).

En este trabajo empírico de observación se percibió la actividad laboral de las obreras, donde la mayoría del tiempo de vida útil de la abeja obrera está al servicio al interior de la colmena, y en actividades de pecoreo. Es importante tener en cuenta que nuestras abejas *Tetragonisca angustula* estas en un medio ecuatorial y no tropical, por lo cual la estación de lluvia es intensa, esto hace que las abejas no salgan en días de lluvia, haciendo que estos datos sean dependientes del estado meteorológico, aumentado el tiempo de abejas pecoreadoras al servicio del interior de la colmena, estableciendo que las abejas mayores de 14 días también ayudan en el interior de la colmena en otras actividades, esto es un concepto teórico por definir en próximas investigaciones.

Para la formación de un nuevo núcleo y establecer una nueva colmena de abejas *Tetragonisca angustula* es necesario, realizar en día soleado, donde las abejas pecoreadoras salgan de la colmena, las nuevas colmenas deben ser

creadas con obreras pecoreadoras, por la capacidad de traer materiales y alimento al nuevo núcleo, así mismo tener la capacidad de asumir las funciones de abejas jóvenes como limpieza, alimentación de larvas, recepción de miel, polen y materiales para construcción de la nueva colmena, como también la construcción de nuevas celdas y estructuras arquitectónicas para la funcionalidad de nuevo núcleo de *Tetragonisca angustula*.

Básicamente en esta investigación por observación se establece dos tipos de trabajo para las obreras: dentro de la colmena y fuera de la colmena; con estos parámetros se establecen la división para la formación de dos colmenas.

Las abejas jóvenes que se quedan, en el viejo núcleo con el tiempo serán pecoreadoras, no afectado al núcleo, ya que serán remplazadas por la reina, con nueva postura.

Metodología para formación de núcleo para el establecimiento de colmena nueva.

Para la creación de una nueva colmena de abejas sin aguijón *Tetragonisca angustula* es

necesario tener en cuenta su ciclo circadiano, que se presenta como un factor de influencia sobre la actividad de muchos insectos como las abejas, incluyendo las del pecoreo de las obreras en todas las especies de abejas, influenciado el comportamiento de vuelo y hábitos del ritmo circadiano de las abejas (Murillo, Astaiza, & Fajardo, 1988); aunque otros autores afirman que las abejas tiene la capacidad de crear mapas mentales de los lugares donde habitan y realizan su vuelo de recolección de materiales para su colmena (Cheeseman & Menzel, 2014).

Seleccionar una colmena fuerte, que tenga una actividad constante de salida y entrada en la piquera de pecoreadoras, que muestre a la población del núcleo fuerte y que está en el punto máximo de individuos que puede soportar la colmena en población, esto también es indicador que las alzas de cría y de miel están ocupadas al máximo habitáculo de abejas.

Para este trabajo se determina que la población de una colmena está determinada por la capacidad del habitáculo, en consecuencia, a su tamaño máximo de expansión de la

colmena compuesta por las cubiertas de cría, el involucro, y la cámara de miel con alas ampollas de miel, se supone que la colmena al alcanzar su cantidad de población, la reina detiene la postura, acorde a las necesidades de abejas obreras.

Esta colmena fuerte debe tener en el mismo lugar muchos días para que las abejas, tengan una orientación a ese mismo lugar; se debe tener el nuevo habitáculo listo, que posea las especificaciones de tener una piquera no mayor de 5 mm, un volumen espacial de aproximado de 950 cm³ divididos en dos compartimientos inferior y superior, poseer una cubierta o tapa, los materiales del que este hecho no son importantes porque las abejas buscan solo protección del medio ambiente.

Para hacer el procedimiento de trasplante, es importante hacerlo en una mañana soledad desde muy temprano, y así poder asegurar que el 80% de las abejas pecoreadoras salgan a hacer su trabajo de recolección de materias primas y alimento para la colmena, luego en horas del mediodía, en el mismo lugar donde está el núcleo donante

de abejas obreras pecoreadoras se realizará el procedimiento.

Para iniciar se arranca el tubo de la piquera y se coloca en la parte inferior o alrededor de orificio de la nueva piquera del habitáculo nuevo, esto para indicar a las abejas pecoreadoras la entrada a la piquera de la nueva colmena, enmascarando con el olor de esta cera al nuevo núcleo.

Se abre la colmena donante, en este proceso se extrae batumen de esta colmena, y se va acomodando en las paredes de la nueva colmena, tanto en el alza de cría y de miel, con el fin de crear un rastro de olor dentro del habitáculo, se debe colocar lo más posible de este batumen, después con un objeto se debe separar el involucro, sacando trozos de este, ya que estos son sobrantes de la colmena donante y que servirá como material de reciclaje para hacer nuevas celdas en el nuevo núcleo.

Se realizó como experimento la extracción de cubiertas de cría, las cubiertas de cría deben ser colocadas sobre bolitas hechas con el involucro, acomodadas en la plataforma de separación de las

alzas de cría y miel, con el fin de dejar un espacio por donde puedan pasar las abejas nodrizas y atender la cubierta de cría trasplantada; esta cubierta no debe quedar por ningún motivo en el suelo de la piquera, sino en la zona intermedia de toda la nave de la colmena, simulando la arquitectura en localización del nido de cría, las bolitas de involucro, nos sirve además para fijar la cubierta a esta zona del nuevo núcleo.

Al nuevo núcleo con la cuchara se extraerá a criterio del zootecnista, ampollas con alimento y miel, estas deben quedar puestas en el suelo de la piquera de la nueva colmena, es importante dejar esta miel dentro del nuevo núcleo, pero deben quedar ampollas que no se hayan dañado, se establece que habrá en cierto grado derrame de miel, por eso es importante dejarla en la parte inferior del alza de cría.

Es importante utilizar batumen adhiriéndolo alrededor de la piquera en el interior del alza de cría. Para fortalecer las feromonas de las abejas; después de este procedimiento, se debe agregar todo material que se sobra en la colmena donante y colocarlo dentro del núcleo nuevo que se está

creando, con el fin de dar material de reciclaje a las abejas para la construcción de estructuras dentro del nuevo núcleo.

Finalmente, se cierra los dos núcleos, tanto el donante como el nuevo; se toma el núcleo donante y se retira del lugar, colocándolo en otro sitio distante de donde estaba originalmente, y el núcleo recién creado se coloca en el lugar donde estaba el donante. La colmena donante se colocará a una distancia de 10 m al de su lugar de origen.

En este primer experimento, que es el método tradicional que realizan todos para el trasplante de cubiertas de cría.

En la metodología dos se realizó la captura de la reina después del vuelo nupcial, se cambió la colmena de origen de la reina por una nueva vacía, capturando la reina mediante una maya.

En la metodología tres se creó un núcleo de abejas zanganearas, las cuales consisten en cambiar la caja con un núcleo de abejas con una comunidad con sobrepoblación de abejas, con esto se hace el cambio, solo colocándoles como guía la

piquera del núcleo anterior, estas abejas ingresarán allí a esta caja, obligadas a no estar en la intemperie, y por protección construirán dentro almacenes de polen, ampollas de miel, pero no construirán una cámara de cría, sino

en su lugar construirán un gran involucro, laberintico sin que este presente las cubiertas de cría, estos núcleos con el tiempo las abejas mueren de vejez y el núcleo con el tiempo estará desierto.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el experimento uno se encontró en la mayoría de los casos, que hacen las personas del común al realizar una recuperación de un núcleo, extraído de la nave. Para este caso pueden suceder varias cosas, algunas veces son experiencias exitosas y en otras suceden eventos adversos, que provocan la muerte del núcleo de *Tetragonisca angustula*, en los casos de experiencia exitosa los núcleos se adaptan a la nueva caja o nave contenedora del nido, esto sucede porque no suceden los siguientes eventos adversos en recuperación de núcleos de sus naves.

Caso de recuperación de núcleos que están en contenedores transversales; en paredes o ladrillos huecos no bien definidos los espacios de cría y alza de miel, en

estos casos las abejas construyen los núcleos de forma irregular, mezclando las cubiertas de cría con ampollas de miel; estableciendo que la miel es algo difícil de manejar o limpiar por las abejas, por esta razón ellas separan el alza de miel de la cría, además la miel atrae depredadores de la cría, en los casos que la miel de las mismas abejas contaminan las cubiertas de cría, por estar de forma horizontal mata a las crías.

Los depredadores más comunes son un tipo de mosca sp. (figura 2); que hace postura de larvas de mosca que consumen la cría de las abejas aprovechando la proteína y los azúcares para su desarrollo larvario, las larvas de la mosca son voraces con las cubiertas de cría después empupan dentro del mismo nido, y el resultado es la muerte de la

colmena, las abejas no pueden luchar contra las larvas de mosca.

Figura 2. Mosca sp.



Fuente: Farín Gómez

En la figura 3 se ve un ataque de mosca y el aprovechamiento de los recursos de las abejas por parte de la

mosca, en la pared se puede ver las pupas y larvas, como en las cubiertas e involucros.

Figura 3. Larvas y pupas de mosca.



Fuente: Farín Gómez

Otro de los eventos adversos recurrentes para este tipo de recuperación de núcleos, estos al estar debilitados de población de obreras, en especial de pecoreadoras y también de abejas de jóvenes que hacen sus primeras labores eusociales; cabe aclarar que estos núcleos las cubiertas de cría no ha sido contaminados por miel, y son núcleos que tienen la arquitectura característica de ser verticales y haber sido construidos por las abejas de abajo hacia arriba, que su involucro está intacto y permite ser extraído con él para proteger las cubiertas de cría.

Estos núcleos son recuperados casi intactos en su arquitectura estructural, pero son deficientes en población de obreras por tal motivo estos núcleos son vulnerables al

Al permitir estos ataques para observar el desarrollo de la invasión por parte de estas *Meliponini sp.* de color negro (figura 4), se observó que lo que buscan esta especie es el pillaje de las cubiertas de cría, donde consumen a las crías totalmente, también busca material de construcción y miel, abandonado del núcleo de *Tetragonisca angustula* después que son

ataque de otras abejas sin aguijón sp. (figura 4); que tiene de forma similar, un comportamiento etológico parecidos al avispon gigante japonés (*Vespa mandarinia japónica*), teniendo un característico aparato masticador y gran tamaño, con respecto al de *Tetragonisca angustula*, provocando la muerte de todas las obreras tanto pecoriadoras como obreras eusociales del interior del nido de *Tetragonisca angustula*, estos ataques son frecuentes en núcleos que están siendo débiles en población por tener reinas zanganera, o por estar débiles; por consiguiente las abejas al tener memoria fotográficas, siempre regresan a la ubicación de su antigua colmena y luego se pierden de la nueva ubicación de la colmena recuperada y reubicada.

asimilados sus recursos, por la especie de *Meliponini sp.*, llevándose todo recurso que sea de utilidad en el pillaje, estos ataques ocurre en el transcurso de 2 a 4 horas con la matanza de toda la colmena de *Tetragonisca angustula* por parte de la *Meliponini sp.*, el pillaje se realiza en un periodo de una semana aproximadamente, después de la asimilación de los

recursos para reciclado, son transportados y abandonada la nave

o nido, al no tener más recursos que assimilar.

Figura 4. Ataque de las abejas limón



Fuente: Farín Gómez

Como se evidencio, las abejas sin aguijón tienen enemigos naturales interesados en obtener los alimentos almacenados y depredar las crías tienen varios métodos de defensa que van desde la huida hasta la cerrada de los nidos hasta ataque de las obreras por medio de mordiscos, resinas; sin embargo, también enfrenta problemas causados por la deforestación, la agricultura intensiva, los monocultivos, la urbanización, la aplicación descontrolada de agroquímicos. (Brochero, 2021).

En el caso de recuperación de núcleos de naves o habitáculos, puede ser de un cincuenta por ciento de éxito, y un cincuenta por ciento de fracaso, acorde a las condiciones de la recuperación y al tipo de núcleo recuperado; por lo que se ha observado en estos ataques y asimilación de recursos de las *Tetragonisca angustula* por parte de los *Meliponini sp.*, los núcleos que son invadidos no son aceptados nuevamente por las *Tetragonisca*

angustula para volver a crear un nuevo núcleo allí en es naves.

En el caso del experimento dos, se intentó hacer trasplante, de un núcleo a otro, de material biológico pretendiendo iniciar un nuevo núcleo, para lo cual se trasplantaron a una caja nueva, estos materiales como precursor de un nuevo núcleo de *Tetragonisca angustula* en teoría.

El primer trasplante es de cubiertas cría del nivel superior donde están las posturas más recientes, con involucro para sostén y como material de reciclaje para el nuevo núcleo, a estas se le proporciono ampollas con miel, también se dispuso abejas obreras eusociales jóvenes para que fueran nodrizas, de esta cubierta de postura. El resultado de este ensayo fue que las abejas *Meliponini sp.* atacaron estos núcleos (figura 4) asimilaron los recursos de estos nuevos núcleos de *Tetragonisca angustula*, sucedió varias veces estos resultados, también ocurrió ataque por hormigas las cuales ingresaban por lugares diferentes a la piquera, ya que estas naves no fueron protegidas y cerradas herméticamente por batumen. El

experimento se cambió a colocar cubiertas de cría, de nuevo se ponen crías próximas a desopercular, con las mismas condiciones del ensayo anterior, el resultado, ataque de hormigas, por consiguiente, se pensó que era la miel que causaba la atracción de hormigas, y se procedió a realizar sin miel presente, el resultado fue el mismo, las hormigas atacaron a las crías y a las abejas recién nacidas, eliminando el nuevo núcleo.

Se realizó el ensayo de trasladar una reina en postura -*que ya no tenía la capacidad de volar*- con involucro como material para reciclado; se proporcionó unas bolas de batumen, más abejas obreras eusociales jóvenes para atención de la reina, el resultado fue, que los dos núcleos murieron, tanto el que estaba en formación como el nido donante de la reina *Tetragonisca angustula*; en teoría se diría que en el núcleo dónate se debería a ver criado una nueva reina, como sucede en las *Apis mellifera*, pero en la *Tetragonisca angustula* no sucedió, y tendría que ser caso de más estudios y observaciones para poder determinar si es posible esto; en este caso no sucedió.

La captura de una reina (figura 5); no es garantía de implantación de un nuevo núcleo de *Tetragonisca angustula* donde nosotros la coloquemos, porque ellas tienen más de tres vuelos nupciales (figura 6); por tal motivo esta estrategia le permite estar en movimiento, aunque la reina no tiene la

capacidad de volar grandes distancias como *Apis mellifera*, la capacidad de tener varios vuelos nupciales le permite ir recorriendo diariamente distancias en busca de un lugar y orientada por las abejas obreras pecoreadoras un habitáculo apropiado para la nueva colmena.

Figura 5. Reina capturada en vuelo nupcial



Fuente: Farín Gómez

Figura 6. Vuelo nupcial de *Tetragonisca angustula*



Fuente: Farín Gómez

Se establece un tercer método que es el trasplante de obreras pecoriadoras, conciten en usar los sentidos de las abejas, estableciendo estos principios basados en investigaciones que se ha realizado de forma empírica, y en algún caso especulativo, de literatura no indexada académica, y de los mitos y malas observaciones de aficionados realizada por aficionados a las abejas sin aguijón, quedan una interpretación sin rigurosidad científica ni biológica.

En varios estudios se han observado que las abejas utilizan la luz solar, la polarización de los rayos de luz (Dyer y Neumeyer, 2005) y el campo magnético de la Tierra para orientarse (Walker & Bitterman, 1989). También aborda su memoria visual del paisaje (Collet & Collet, 2002) y la danza de la waggle (Riley et al., 2005) como forma de comunicación; no obstante, para este trabajo nos parece más coherente la memoria fotográfica que es memorización de lugares; para este caso desecharán los primeros y se tomará el último,

porque no se tiene la tecnología para hacer la comprobación, pero si se con la memoria del lugar de su colmena.

Para este experimento se toman una colmena que ha estado en el mismo lugar por mucho tiempo, se cambia de lugar esta colmena y en su lugar

se coloca otro habitáculo o caja de abejas; los resultados de este experimento nos dan que las abejas pecoriadoras regresan al lugar donde está ubicado su colmena si ya no está su colmena de origen, continúa trabajando normal (figura 7).

Figura 7. Pecoriadoras trasplantadas a nuevo habitáculo



Fuente: Farín Gómez

Con esto se comprueba la memoria fotográfica de las abejas, este experimento se realizó con otra variante, donde se cambia la caja del habitáculo en la noche, y se colocó otra caja vacía en su lugar donde estuvo mucho tiempo, las abejas salían en la mañana del nuevo lugar, pero regresaban al antiguo lugar, donde siempre había estado su colmena.

Como se ve en la figura 7, las abejas continúan con su vida normal, realizando sus trabajos normales, recolectado polen, y trayendo materiales diferentes para la fabricación del batumen, de nuevo las abejas construyen un lugar con la seguridad y el hermetismo de su colmena, con ampollas de miel y demás, solo que empiezan a crear una colmena de involucro, sin reina, con ausencia de cubiertas de cría (figura 10).

Las abejas siempre regresan al lugar donde tiene la memoria fotográfica

de llegada como su hogar, así se les cambie el habitáculo, lo que necesita es un agujero de medio centímetro para entrar (figura 8), donde además de cambiar de lugar se les cambio el tipo de nave para el albergue de las abejas y su protección, trasplante de abejas obreras se realizan aprovechando su capacidad de memoria fotográfica de su lugar de origen.

Las abejas después que se hace el cambio del habitáculo (figura 8), ese día vuela frente al mismo habitáculo (figura 7), lo único que requieren es la orientación de poner la antigua piquera indicando el agujero de entrada, que sea no mayor de medio centímetro, para que las abejas por cambio de la luz solar, entre 5:00 pm y 5:30 pm ingresan a este nuevo habitáculo, así este desocupado, lo que buscan esta abeja es abrigo y protección, para ese día las abejas operculan la escotilla sin construir una piquera (figura 9).

Figura 8. Trasplante de obreras



Fuente: Farín Gómez

Figura 9. Opercular entrada y Construcción de escotilla



Fuente: Farín Gómez

Las abejas en esta situación lo que buscan es protección, del medio ambiente, continúan su vida de trabajo en su comportamiento eusocial, reempresen con el pecoreo, y construyen un nido de involucro (figura 10), el cual como lo dijimos antes no tiene cubierta de cría porque no hay una reina en postura.

La población de abejas obreras pecoriadora trasplantado al nuevo

habitáculo, como se indicó anteriormente continúan con su vida eusocial, cumpliendo su rol y tareas para lo cual están programadas genéticamente, al revisar los avances de su trabajo en el interior del nuevo habitáculo, luego de esta traumática experiencia ellas intentan crear un sistema de protección y abrigo construyendo un nido de involucro (figura 10).

Figura 10. Nido de involucro.



Fuente: Farín Gómez

Los nidos de involucro son muy importantes para la propagación de nuevas colmenas de *Tetragonisca angustula*, ya que estos nidos tienen un atractivo para la enjambración de reinas jóvenes que están búsqueda de una nave de protección para establecer la nueva colmena.

En la figura 10 vemos en el lado 1, un nido de involucro con un volumen aproximado de 200 ml cúbicos, al realizar el experimento varias veces los resultados fueron los mismo, como se muestra en otro ensayo de la figura 10 lado 2; por encima de todo es importante tener en cuenta estas variables necesarias para el trasplante de obreras y que estas nos construyan un nido de involucro, de la misma manera esta abejas construirán en este nuevo a habitáculo, con ampollas con polen y con miel, en el orden de la arquitectura vertical de colmena,

atendiendo a su rol y función dentro de su organización eusocial, esto ocurre con el trasplante de obreras a un nuevo habitáculo, de igual importancia es también hacer el seguimiento de la colmena donante.

Para la colmena donantes de obreras pecoriadora, ellas quedan con capacidad de recuperación; estableciendo un inventario de lo que posee esta colmena que han donado la totalidad de sus obreras pecoreadoras, lo principal es que poseen una reina con capacidad de postura y cubiertas de cría en todas sus etapas (figura 11), destacando que están acompañadas de nuevas obreras que no han comenzado su rol de pecoreadoras, pero están realizando las tareas internas de nodrizas, limpiadoras, y constructoras reciclando los materiales existente en el núcleo.

Figura 11. Núcleo donante de Obreras



Fuente: Dayro Cortes

Prosigamos con el inventario, también este material de involucro, batumen, ampollas de polen y ampollas de miel; ahora bien, tienen todos los materiales y abejas requeridas para remplazo de las abejas que suministrar el material gracias al pecoreo. Llegando a este punto podemos hacer una observación de cómo se adapta las nuevas abejas, para entender el primer vuelo de las abejas para pecorear que van, avanzando en la observación la abeja en ese día hace vuelo frente a su colmena de forma localizado en los 2 metros cúbicos de aire, se supone que en este momento está desarrollado su

memoria fotográfica del lugar de su colmena, como también agudiza sus sentidos de orientación para el regreso allí en el mismo lugar, y tomar como lugar de partida el lugar donde está su piquera. En esto podemos ser especulativos en la observación, y las características son parecidas a las mostradas en las figuras 6 y 7.

Es así como podemos afirmar que la colmena donante tiene más recursos que el núcleo de abejas pecoreados trasplantado, ahora bien, cada núcleo tiene ventajas comparativas. Estableciendo diferencias entre el

núcleo de abejas de rol pecoreo y a abejas en sus roles eusociales (limpiadoras, nodrizas, constructoras recicladoras).

No se trata tan solo de establecer diferencia destinadas para ver las fortalezas y oportunidades en la formación de una nueva colmena (figura 13), sino de mantener la colmena que va a dar origen a otra colmena. Como se ha venido insistiendo y se observa en la figura 12, podemos ver abejas eusociales, que son abejas recién nacidas y que

tiene una inmadurez morfológica, donde se nota la fragilidad en su exoesqueleto de quina, mostrando estos ejemplares de color blando o un amarillo pálido, estas abejas con inmadures para pecorear, realizan otras tareas dentro de la colmena, mientras alcanzan la madures para asumir el rol de pecorear, manteniendo el potencial futuro de suplir estas tareas de la colmena, estado en constante incorporación de obreras operarias de colmena y promoción al rol de pecoreo (figura 11).

Figura 13. Nido con abejas trasplantada



Fuente: Farín Gómez

Llegando a este punto del tercer método que es el trasplante de

obreras, de ahí que es la base fundamental de trasplantar también

una reina; pero esta reina debe tener unas condiciones, ya al trasplantar de una reina directamente tiene consecuencia para los dos núcleos, o el núcleo no tiene las condiciones para recibir la reina, o la reina no ha completado el total de vuelos nupciales para escoger una nueva nave, para considerarla un habitáculo seguro y formar allí una colmena de *Tetragonisca angustula*; como es en la biología todo es improbable, pero todo puede suceder, debemos seguir los comportamientos biológicos observados y emularlos.

Ya se analizó el trasplante de abejas obreras en rol de pecorear, ahora haremos el análisis de las condiciones morfofisiológicas de la reina *Tetragonisca angustula* a trasplantar para ello tendremos en cuenta la figura 14, donde para la comparación se toma en cuenta el tamaño de la cabeza, que tenga el mismo diámetro, para poder hacer las diferencias morfológicas y fisiológicas de las dos reinas, la reina uno es una reina que está en vuelo nupcial, la reina dos es una reina en postura. Una reina de *Tetragonisca angustula* en vuelo nupcial tiene la apariencia de una

obrero de *Apis Mellifera*, se ven muy similares en el vuelo, solo que a diferencia de las *Apis Mellifera* tiene un vuelo rápido preciso, en contraste con la reina *Tetragonisca angustula* el vuelo de esta es lento y estacionario, esta característica se va acentuando más, cada vez que va realizado más vuelos nupciales llenando su saco de almacenamiento de esperma (espermáteca), estableciendo que al inicio de la vida de una reina los ovarios de la reina no están desarrollados, esto le permite a la reina almacenar mucha más cantidad de semen en su espermática. A medida que almacena semen aumenta su abdomen y su peso haciendo que su vuelo sea cada vez más lento, y que sus alas no puedan sostener un vuelo largo; se puede decir que sus alas se hacen corta para morfología de la reina y el abdomen grande abultado y largo le quitan la disposición de volar como se evidencia en la figura 14 lado 2, mientras que una reina joven con capacidad de vuelo tiene las alas igual de largas que su abdomen, para poder realizar su vuelo nupcial (figura 14 lado 1).

Figura 14. Comparación Reinas



Fuente: Farín Gómez & Dayro Cortez

Se hace aclaración que, para fines de este documento, a nivel morfológico, se desconoce si la reina de *Tetragonisca angustula* posea aguijón, de forma teórica suponemos que no, pero eso lo acararemos más adelante.

Desde otro punto de vista hay que ver el comportamiento de los dos metros cubitos de aire delante de la piquera, para establecer cuando se realizara un vuelo nupcial de una reina *Tetragonisca angustula*, consideremos ahora el principal indicio es el vuelo estacionario de zánganos delante de la piquera haciendo guardia, esto ocurre en horas de la mañana, generalmente este vuelo estacionario lo realizan los zánganos quedando totalmente inmóvil en el lugar de su vuelo,

pueden estar presentes más de diez zánganos en este comportamiento de vigilancia de la piquera y al mismo tiempo de esto, continúan la salida y entrada de obreras en labor de pecoreo, por esta razón se diferencia las obreras de los zánganos.

Ahora bien, el primer vuelo nupcial ocurre entre 9 am y 3 pm, en la mayoría de los casos observados, donde la reina solo lo hace con los zánganos, empezando a llenar la espermática, este vuelo nupcial es realizado delante de la piquera de la colmena madre o donante, terminado el vuelo nupcial de ese día, aproximadamente a las 5 pm el vuelo nupcial termina y la reina joven, (figura 14 lado 1) regresa a su colmena madre, en los

consiguientes días en el transcurso de una semana la reina joven, realizará varios vuelos nupciales delante de la colmena madre (donante), y mientras realiza los vuelos nupciales para llenar su espermateca, se van adhiriendo a este vuelo nupcial abejas pecoreadoras iniciando un enjambamiento (figura 6), para este trabajo se observó hasta cuatro vuelos nupciales como máximo (en diferentes colmenas; diferentes épocas; diferentes lugares; diferentes naves o habitáculos y diferentes tiempos), esto no quiere decir que se presenten más o menos vuelos nupciales, para ser más precisos es cuando la reina se va con su enjambre después del tercer o cuarto vuelo nupcial.

La reina joven no se queda en la colmena madre o donante, ella provoca la enjambrazón y se muda a un nuevo lugar, se piensa, es así como las reinas no tienen aguijón, a pesar de que la reina joven esta la colmena madre, y esta es reina madre no mata su hija, ni la hija mata a su madre, ninguna de las reinas mata a la otra, como ocurre en *Apis Mellifera*, que una mata a la otra para asimilar el enjambre, y dar continuidad a la colmena.

Desde otro punto de vista, en medio de la enjambrazón, hay un comportamiento eusociales de las obreras pecoriadoras, las cuales comienzan una búsqueda de nuevo habitáculo, en el mismo momento que está pasando la enjambrazón con los últimos vuelos nupciales.

De donde resulta que se presentaron dos comportamientos, que son válidos para formación de nuevos núcleos de *Tetragonisca angustula*; donde en su medio natural, y en comportamiento natural las obreras pecoreadoras buscan un nuevo habitáculo y con una reina con su espermateca llena de semen, se instalan en un nuevo habitáculo, y este para la reina es su último vuelo nupcial, para el productor es algo que se pierde ese enjambre de *Tetragonisca angustula*; se ha observado que obreras pecoreadoras en los vuelos nupciales, mientras se está realizando ellas están de exploradoras buscando nuevo habitáculo, al encontrar uno vacío, o que con antelación haya sido usado por la misma especie, acabado los vuelos nupciales llevan a la reina a ese nuevo habitáculo.

Para hacer la captura de ese nuevo núcleo, por el tercer método el cual

es el trasplante de obreras, que ha tenido su proceso de construir nido de involucro con antelación (figura 10) que es un nido excelente para captura, y en su mínima expresión de construcción de nido de

involucro (figura 13); se realizó haciendo el cambio de habitáculo en el segundo o tercer vuelo nupcial.

Con esto se observan varios hallazgos:

- El primero es que la reina joven en este vuelo nupcial ha provocado el enjambramiento de las obreras pecoriadoras en el núcleo madre.
- Cuando se realiza el cambio de habitáculo de lugar, la reina joven en vuelo nupcial esta con las abejas pecoriadoras, por tal motivo las abejas en proceso de enjambración no se percatan del cambio.
- Al instalar el nido de involucro la reina joven, es abrigada por el mismo, y acepta la nave nueva con el habitáculo.
- Las abejas obreras pecoreadoras no notan el cambio, y no buscan a la reina madre sino, continúan acompañando a su nueva reina que la asimila en la enjambración.
- Las pocas abejas obreras que estaban marginadas en el nido de involucro son recepcionadas y asimiladas nuevamente por el núcleo de la reina madre.
- El núcleo madre o donador continua con su reina madre; las demás abejas inmaduras y jóvenes en sus actividades eusocial no abandonaron el núcleo, hasta que adquieren el rol de pecorear, el núcleo madre no es afectado de ninguna manera.
- Las abejas obreras que se enjambraaron con la reina joven realizan todas las tareas eusociales del enjambre, como es pecorear para traer el polen, el néctar, y los materiales necesarios para construir y asegurar la colmena.

- Proporcionar miel en esta estancia, al nido de involucro con las obreras pecoreadoras no es recomendable, de ahí que esta miel se fermenta o solo es miel, y la nueva reina necesita jalea real, que solo es producida del pecoreo de néctar fresco.
- El núcleo madre o donante de obreras se ve su recuperación al siguiente día del cambio de lugar, con la salida de nuevas abejas a iniciar la actividad de pecorear.
- En el nido con el involucro, las obreras continúan con sus actividades de pecorear al servicio de la nueva reina que las asimila, continuando su vida con regularidad, alimentando a la nueva reina con jalea real y empezando a construir la cubierta de cría.
- El involucro es reciclado para construcción de las necesidades eusociales del habitáculo, para la formación de la nueva colmena.
- La reina joven después de terminar sus vuelos nupciales necesarios para llenado de la espermateca; de forma sucesiva, vemos el agrandamiento del abdomen, por el desarrollo y maduración de sus ovarios, gracias a la alimentación de la jalea real, proporcionada por las abejas pecoreadoras.
- Las obreras pecoreadoras son las únicas capaces de producir la jalea real, las abejas jóvenes eusociales, no tiene la capacidad de producir jalea real, ya que la jalea real es producida únicamente de néctar fresco.
- Los núcleos nuevos requieren más jalea real, tanto para la reina como para el inicio de las primeras larvas, las larvas jóvenes no pueden ser alimentadas con miel, por esa razón no se debe dejar miel en un núcleo nuevo, las pecoreadoras son capaces de suplir las necesidades de la colmena.
- En un nido de involucro como se ve en la figura 10, antes examinado las abejas no ha construido ampollas de miel, o polen, y si las hay son muy pequeños, la miel en estas etapas iniciales es un contaminante para el núcleo, abeja que no se puede limpiar la miel, se muere por desecación o porque se ahogan por tapado de sus espiráculos.

- La colmena nueva que alberga a la reina joven, con la emjambación, se instala en este lugar por no tener presencia de la reina madre, la ausencia de feromonas de la reina madre hace que la reina joven asimile el habitáculo con el involucro que construyeron las abejas trasplantadas en inicio, solo está la feromona de estas abejas que quedaron marginadas en este habitáculo, por su memoria fotográfica y su memoria de olor, cabe aclarar que estas marginadas no están en nido de involucro, estas continúan regresando a su antiguo lugar.
- Las abejas al quitar o destruir su lugar o habitáculo, por su memoria fotográfica seguirán regresando al sitio donde estaba su piquera, pero al quedar marginadas ellas morarían por la inclemencia del medio ambiente.
- Los nuevos núcleos formados no deben ser abiertos antes del mes para no dañar el trabajo de hermetización del habitáculo de la colmena, ya que hay que tener en cuenta que estas abejas comenzaran a morir, porque son insectos viejos, y hay que darle tiempo para el nacimiento de nuevas abejas hijas de la nueva reina.
- El método del trasplante de obreras solo es utilizado para que estas abejas queden marginadas, y por necesidad construyan un nido de involucro (figuras 10 y 13), que será utilizado para que sea un habitáculo atractivo por protección y material de reciclaje por el nuevo enjambre.
- Las abejas marginadas (figura 15) continúan su ciclo de vida y realizando su rol de pecorear como también sus funciones en la colonia eusocial hasta su muerte; en el caso que el núcleo donante de donde se realizó la emjambación se ubique nuevamente en el mismo lugar donde estas abejas marginadas construyeron el nido de involucro, serán asimiladas por este núcleo, para que continúen realizando su rol de pecoreadora en esta colmena, estas pruebas se realizaron entre colmenas establecidas, y el resultado fue el mismo, las abejas en ambos lugares fueron asimiladas.

Figura 15. Abejas marginadas



Fuente: Farín Gómez

El establecer núcleos nuevos de *Tetragonisca angustula*; como se muestra en la figura 16 se debe sostener la biología de la colmena, el balance de población y rol vital de los organismos que integran la colmena, como se muestra en la figura 16 y sus interrelaciones de dependencia obligatoria; consideremos que la colmena funciona como un solo organismo, al desbalancear la colmena de alguna de sus funciones o roles, la colmena tendera a morir su población, y desaparecer o quedar vulnerable a amenazas como otras *Meliponini sp.*, hormigas, arañas,

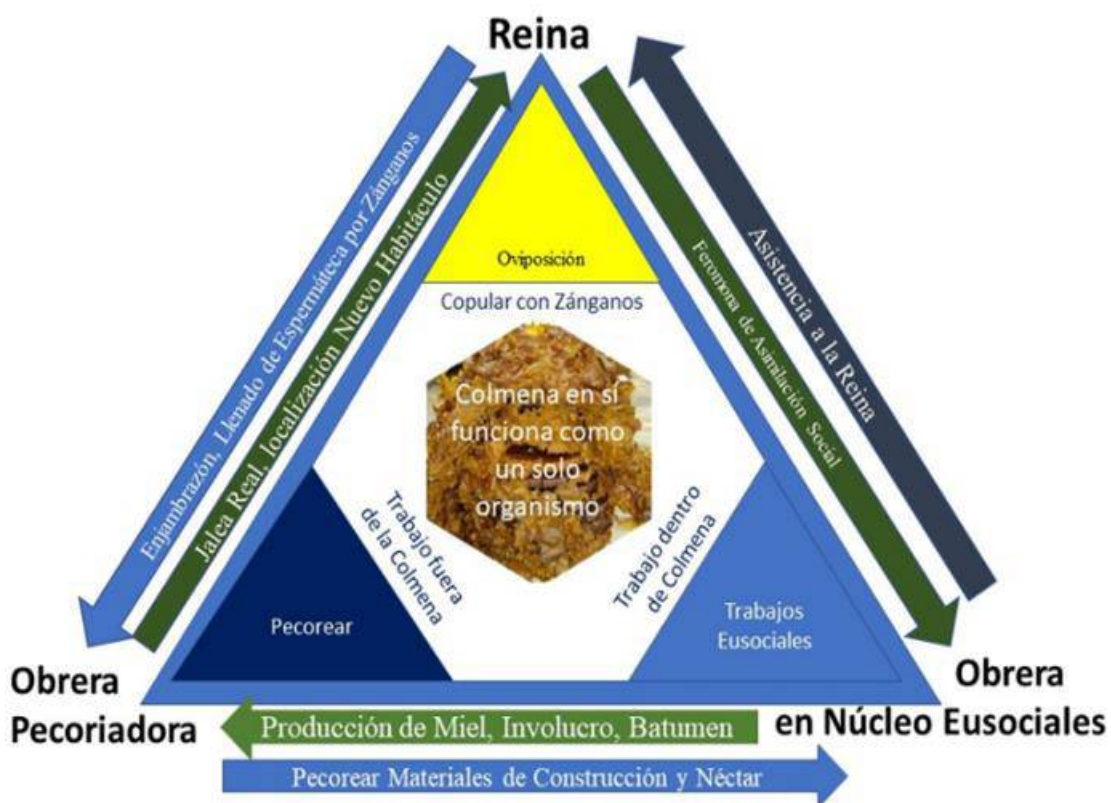
parásitosis de larva de mosca, infecciones por hongos, que pueden afectar la producción de cría nueva de *Tetragonisca angustula*, y otras amenazas medio ambientales. La fragilidad de la colmena más la falta de aguijón hacen que las colmenas tengan una fragilidad para su manejo y en especial la propagación de colmenas.

En este trabajo no se tuvieron en cuenta los zánganos, si bien tiene una importancia para la colonia, su función es de llenar la espermátoca de la reina hasta que ella pierda las facultades de volar, estos machos de

la colonia se producen por partenogénesis nacidos de un huevo no fecundado, y las obreras como la reina son nacidas de huevos fecundados. En consideración para colmena son de importancia para el inicio de la enjambrazón, ahora vemos que hace parte fundamental de la enjambrazón, sin ellos no se producirían el vuelo nupcial, ni se daría origen a las obreras. El vuelo estático de muchos de ellos delante de la colmena nos indica que hay

una reina inmadura en la colmena próxima a completar su maduración para iniciar sus vuelos nupciales. Los primeros vuelos nupciales ocurren sin que las obreras pecoreadoras se enjambren, como lo indicamos siempre y cuando la nueva reina comience a llenar su espermateca, esto podría ser lo que dispara la asimilación de las obreras pecoreadoras para enjambrar con esta nueva reina.

Figura 16. Balance de Población y Rol vital para la Colmena



Fuente: Farín Gómez

4. CONCLUSIONES

En este estudio, se observó que las naves utilizadas para establecer el habitáculo de la colmena deben tener una estructura vertical, la forma (cúbica o cilíndrica) no es relevante, pero es esencial que tengan dos cavidades (superior e inferior). En vida silvestre y urbano, el habitáculo debe tener un espacio máximo de aproximadamente 1000 centímetros cúbicos. La arquitectura genética de las abejas sin aguijón, como *Tetragonisca angustula*, está programada para

adaptarse a estos espacios, y la nave actúa como una barrera protectora. Aunque carecen de aguijón, estas abejas neutralizan a los agresores a costa de sus vidas. Además, todo material producto de las abejas (incolucro, batumen, cera y miel) es reciclado y reutilizado al máximo por las abejas. Se debe considerar el ciclo circadiano y el traslado de naves o cajas de producción debe incluir la piquera de la colmena donante para crear nuevos núcleos.

REFERENCIAS

- Abejapedia. (17 de junio de 2018). abejapedia.com. Ciclo de vida de las abejas melíferas. <https://www.abejapedia.com>
- Brochero. H. L. (2021). *Tetragonisca angustula en Cundinamarca: biología, ecología y potencial mercado de su miel*. Universidad Nacional de Colombia.
[file:///C:/Users/milena.torres/Downloads/Tetragoniscaangustula_e-book%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/milena.torres/Downloads/Tetragoniscaangustula_e-book%20(1).pdf)
- Cheeseman, J., & Menzel, R. (2018). Las abejas también crean sus propios mapas mentales para viajar. *La Vanguardia*.
<https://www.lavanguardia.com/natural/20140603/54408635035/abejas-crean-mapas-mentales-viajar.html>

- Collett, T. S., & Collett, M. (2002). Memory use in insect visual navigation. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(7), 542–552. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12094210/>
- Dyer, A. G., & Neumeyer, C. (2005). Simultaneous and successive colour discrimination in the honeybee (*Apis mellifera*). *Journal of Comparative Physiology A*, 191(12), 1083–1092. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15871026/>
- Enríquez, M., Yurita, C., & Dardón, M. (2006). *Manual Biología y reproducción de abejas nativas sin aguijón*. Universidad de San Carlos de Guatemala. https://issuu.com/marcoacuna/docs/manual_de_meliponicultura_usac_2006
- Instituto de Meteorología y Estudios Ambientales. (2024). <https://bart.ideam.gov.co/cliciu/villao/tabla.htm>
- Miranda, F. K., Palmera, J. K., Sepúlveda, A. P. (2014). Abejas. *InfoZOA Boletín de Zoología*, Universidad del Magdalena. (6). https://www.unimagdalena.edu.co/Content/Public/Docs/Entrada_Facultad3/adjunto_1029-20181004104847_528.pdf
- Murillo, C., Astaiza, R., & Fajardo., P. (1988). Biology of *Anopheles* (Kerteszia) *neivai* H., D. & K., 1913 (Diptera: Culicidae) on the Pacific Coast of Colombia. III. Light intensity measurements and biting behavior. *Revista de Saúde Pública*, 22(2), 109-112. <https://www.scielo.br/j/rsp/a/JrBV5SpHCP5VfTB3C7BVt9C/?format=pdf&lang=es>
- Nates, P. G. (2001). *Guía para la cría y manejo de la abeja angelita o virginita *Tetragonisca angustula* Illiger*, Bogotá, D.C.: Convenio Andres Bello, (Ciencia y Tecnología N° 84).
- Olaya, P., Gutiérrez, C., & Hernández, C. (2014). Comparación entre la Calidad Microbiológica de Miel de *Tetragonisca Angustula* y de *Aapis Mellifera*. II Congreso Internacional de Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 67(2), Supl. 2, 754 – 756.

https://www.researchgate.net/publication/264348081_Comparacion_entre_la_calidad_microbiologica_de_miel_de_Tetragonisca_angustula_y_de_Apis_mellifera

- Peña, W. L. (2015). *Caracterización de las abejas, colmenas, sistema de manejo y estado de salud de Melipona Beecheii Bennett (Apidae, Meliponini) en áreas del Occidente de Cuba*. Editorial Universitaria. <https://library.unac.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=479378>
- Prost, P. J., & Conte, Y. L. (2007). *Apicultura: conocimiento de la abeja. Manejo de la colmena* (4a. ed.). Mundi-Prensa. <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484762041/apicultura--conocimiento-de-la-abeja--manejo-de-la-colmena--4%C2%AA-edicion>
- Reyes, A. G., Ayala, R., & Camou, A. G. (2017). New record of the stingless bee genus *Plebeia* (Apidae: Meliponini) in the alto Balsas, Michoacán, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2), 464-466. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v88n2/2007-8706-rmbiodiv-88-02-00464.pdf>
- Riley, J. R., Greggers, U., Smith, A. D., Reynolds, D. R., & Menzel, R. (2005). The flight paths of honeybees recruited by the waggle dance. *Nature*, 435(7039), 205–207. <https://www.nature.com/articles/nature03526>
- SMcCluskey, E. (1992). Periodicity and diversity in ant mating flights. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 103(2), 241-243. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/030096299290574A?via%3Dihub>
- Torres, A., Hoffmann, W., & Lamprecht, I. (2007). Thermal investigations of a nest of the stingless bee *Tetragonisca angustula* Illiger in Colombia. *Thermochimica Acta*, 458(1-2), 118-123. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040603107000494>

Walker, M. M., Bitterman, M. E. (1989). Honeybees can be trained to respond to very small changes in geomagnetic field intensity. *Journal of Experimental Biology*, 145(1), 489-494.
<https://journals.biologists.com/jeb/article/145/1/489/5658/Honeybees-can-be-Trained-to-Respond-to-very-Small>



Licencia de Creative Commons

Revista Working Papers ECAPMA is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Fecha de recibido: 17-10-2024

Fecha de aceptado: 05-05-2025

DOI: 10.22490/ECAPMA.8689

SOSTENIBILIDAD HÍDRICA: LA INTERSECCIÓN DE LA CONSERVACIÓN Y LA TRANSFORMACIÓN SOCIAL

WATER SUSTAINABILITY: THE INTERSECTION OF CONSERVATION AND SOCIAL TRANSFORMATION

Yuberica Fernanda Diaz Embus
Ingeniera Agroforestal, Especialista en 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

Diana Cristina Medina Valencia
Ingeniera Agrícola, Especialista en Biotecnología Agraria,
Magister en Tecnología Educativa.

Universidad Nacional Abierta y Distancia - ECAPMA

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7767-4949>
cristina.medina@unad.edu.co

Citación: Diaz, Y. y Medina, D. (2025). Sostenibilidad hídrica: La intersección de la conservación y la transformación social. *Working Papers ECAPMA*, 9(1), 109 – 135. <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.8689>



RESUMEN

Contextualización: La sostenibilidad hídrica se ha convertido en un tema crucial en el contexto de los cambios climáticos y el crecimiento poblacional. En áreas rurales la gestión del agua no solo es un desafío ambiental, sino también social. La interacción entre la conservación de los recursos hídricos y la transformación social es vital para garantizar un acceso equitativo y sostenible al agua, que es esencial para la salud y el bienestar de las comunidades (WWAP, 2018).

A pesar de que el Objetivo de Desarrollo del Milenio (ODM) referente al abastecimiento de agua fue alcanzado en 2010 (ODM 7, indicador 7.8 de la meta 7.c), con la reducción a la mitad de la proporción de personas sin acceso al agua potable, más de 700 millones de personas todavía no tienen acceso a agua potable segura.

En cambio, el ODM relativo al saneamiento (indicador 7.9 de la meta 7.c del ODM 7) no fue alcanzado íntegramente y hoy en día, 2.500 millones de personas, principalmente de áreas rurales, no tienen acceso a instalaciones mejoradas de saneamiento.

Según las Naciones Unidas: La educación es la base para mejorar nuestra vida y el desarrollo sostenible. Además de mejorar la calidad de vida de las personas, el acceso a la educación inclusiva y equitativa puede ayudar a abastecer a la población local con las herramientas necesarias para desarrollar soluciones innovadoras a los problemas más grandes del mundo. (ODS 4: garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante la vida para todos). Nuevamente los ODS aportan directrices para que la gestión del agua sea el vehículo para mejorar la seguridad hídrica y darnos cuenta de que los problemas del agua son muchos, las dimensiones que requiere su análisis son múltiples y para la solución de estos, se necesita un enfoque donde se articulen distintas disciplinas (Naciones Unidas, 2015).

Vacío de conocimiento: La falta de conciencia y educación sobre prácticas sostenibles, el impacto del cambio climático que altera la disponibilidad de agua, sumado a la contaminación de fuentes hídricas por desechos industriales, la gestión inadecuada de las aguas residuales, el uso intensivo de fertilizantes y

pesticidas en la agricultura, la infraestructura inadecuada para la recolección y distribución del agua, las desigualdades sociales que limitan el acceso equitativo, la falta de monitoreo sobre el estado del recurso hídrico y la resistencia cultural a cambiar prácticas tradicionales, son las principales causas de la contaminación del agua. Esto resalta la necesidad de investigar más a fondo la conexión entre la conservación del recurso hídrico y los procesos de cambio social para contribuir a políticas y prácticas que sean efectivas y equitativas para la conservación del preciado líquido (Ruiz, et. al. 2020).

Propósito: El presente estudio tiene como objetivo analizar la interrelación entre la conservación del agua y la transformación social de la comunidad, lograr un mejor conocimiento de los recursos hídricos integrando la gestión de su calidad y la toma de decisiones en la educación de los marcos jurídicos para el mejoramiento de la gobernanza, promoción de herramientas innovadoras para la gestión de la calidad del agua y el control de la contaminación, buscando identificar estrategias que promuevan un uso sostenible del recurso hídrico. Se pretende comprender cómo las iniciativas de conservación pueden empoderar a

las comunidades locales y fomentar su participación en la gestión hídrica, contribuyendo así al desarrollo sostenible y al bienestar de la población.

Metodología: Se realiza encuestas con líderes comunitarios y actores claves en la gestión y conservación del agua, lo que permite tener una perspectiva sobre las prácticas actuales del manejo del recurso hídrico, saber cuáles son las prácticas de conservación actuales y cuáles son las necesidades de la comunidad, para de esta manera fomentar la discusión y un análisis colectivo.

Resultados y conclusiones: Los resultados del estudio indican que la integración de la conservación del agua con iniciativas de transformación social puede generar beneficios significativos, como el empoderamiento de las comunidades y la mejora en la gestión de los recursos hídricos. Se concluye que es fundamental adoptar un enfoque multidimensional que considere tanto los aspectos ambientales como los sociales para lograr una sostenibilidad hídrica efectiva en la región. La protección de los recursos hídricos requiere que el impacto humano sobre el ambiente sea tratado de manera integrada, es por

esto que resulta fundamental trabajar en programas para la protección del medio ambiente, la conservación y el uso eficiente del agua.

ABSTRACT

Contextualization: Water sustainability has become a crucial issue in the context of climate change and population growth. In rural areas, water management is not only an environmental challenge but also a social one. The interaction between the conservation of water resources and social transformation is vital to ensure equitable and sustainable access to water, which is essential for the health and well-being of communities (WWAP, 2018).

Although the Millennium Development Goal (MDG) regarding water supply was achieved in 2010 (MDG 7, indicator 7.8 of target 7.c), with the proportion of people without access to water reduced by half drinking water, more than 700 million people still do not have access to safe drinking water.

In contrast, the MDG on sanitation (indicator 7.9 of target 7.c of MDG 7) was not fully achieved and today, 2.5 billion people, mainly in rural

Palabras clave: sostenibilidad hídrica; conservación del agua; transformación social; gestión de recursos; desarrollo sostenible; comunidad.

areas, do not have access to improved sanitation facilities.

According to the United Nations: Education is the basis for improving our lives and sustainable development. In addition to improving people's quality of life, access to inclusive and equitable education can help equip local people with the tools necessary to develop innovative solutions to the world's biggest problems. (SDG 4: ensure inclusive, equitable and quality education and promote lifelong learning opportunities for all). Once again, the SDGs provide guidelines so that water management is the vehicle to improve water security and realize that the problems of water without many, the dimensions that require their analysis are multiple and to solve these, an approach is needed. where different disciplines are articulated.

Knowledge Gap: The lack of awareness and education about sustainable practices, the impact of

climate change that alters the availability of water, added to the contamination of water sources by industrial waste, the inadequate management of wastewater, the intensive use of fertilizers and pesticides in the agriculture, inadequate infrastructure for the collection and distribution of water, social inequalities that limit equitable access, the lack of monitoring of the state of water resources and cultural resistance to changing traditional practices are the main causes of water pollution. . This highlights the need to further investigate the connection between water resource conservation and social change processes to contribute to policies and practices that are effective and equitable for the conservation of the precious liquid (Ruiz, et. al. 2020).

Purpose: The objective of this study is to analyze the interrelation between water conservation and the social transformation of the community, to achieve a better knowledge of water resources by integrating the management of their quality and decision making in the education of legal frameworks for the improvement of governance, promotion of innovative tools for water quality management and pollution control, seeking to identify strategies that promote sustainable

use of water resources. The aim is to understand how conservation initiatives can empower local communities and encourage their participation in water management, thus contributing to sustainable development and the well-being of the population.

Methodology: Semi-structured interviews are conducted with community leaders and key stakeholders in water management and conservation, providing insight into current practices in water resource management, existing conservation practices, and the needs of the community. This approach fosters discussion and collective analysis.

Results and Conclusions: The study results indicate that integrating water conservation with social transformation initiatives can generate significant benefits, such as empowering communities and improving water resource management. It is concluded that it is essential to adopt a multidimensional approach that considers both environmental and social aspects to achieve effective water sustainability in the region. The protection of water resources requires that the human impact on the environment be treated in an integrated manner, which is why it is

essential to work on programs for environmental protection, conservation and efficient use of water.

Keywords: water sustainability; water conservation; social transformation; resource management; sustainable development; community.

1. INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad hídrica se ha convertido en un tema crucial en el contexto actual de cambio climático y crecimiento poblacional. El agua, recurso vital para la vida, enfrenta múltiples amenazas, incluyendo la contaminación, la sobreexplotación y la alteración de los ecosistemas. En este escenario, la conservación del agua se presenta no solo como una necesidad ambiental, sino también como un imperativo social (UNESCO, 2020).

Lo que se busca es explorar la intersección entre la conservación del agua y la transformación social, destacando cómo estas dos dimensiones pueden integrarse para promover un futuro sostenible, a través de un análisis exhaustivo, se pretende identificar estrategias que no solo aseguren la disponibilidad y calidad del agua, sino que también empoderen a las comunidades locales y fomenten su participación en la gestión y conservación de este recurso (Vörösmarty et al., 2010).

El agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía, la producción de alimentos, los ecosistemas y para la supervivencia de los seres humanos. El agua también forma parte crucial de la adaptación al cambio climático, y es un decisivo vínculo entre la sociedad y el medioambiente. El agua es, además, una cuestión de derechos. A medida que crece la población mundial se genera una necesidad creciente de conciliar la competencia entre las demandas comerciales de los recursos hídricos para que las comunidades tengan lo suficiente para satisfacer sus necesidades. Merece la pena destacar que las mujeres y las niñas deben tener acceso a instalaciones de saneamiento limpias que respeten su privacidad para cuidar de su menstruación y para que tengan una maternidad digna y segura. El desarrollo del ser humano requiere que el agua y los sistemas de saneamiento se lleven a cabo de


forma separada. Ambos son vitales para reducir el número de enfermedades y para mejorar la salud, la educación y la productividad económica de las poblaciones (Naciones Unidas, 2025).

El término conservación del agua se refiere a todas las actividades, prácticas y técnicas destinadas a utilizar de manera consciente y sostenible el agua dulce disponible en nuestro planeta, así como a proteger y preservar las fuentes de agua dulce, como ríos, lagos, acuíferos, aguas subterráneas y humedales. De toda el agua contenida en el planeta, únicamente el 3% es agua dulce; de esta cantidad, solo el 0,5% es potable y está disponible. El objetivo principal de la conservación del agua es proteger los ecosistemas naturales y garantizar la disponibilidad de este recurso vital a largo plazo para poder cubrir las necesidades humanas (Ferrovial, 2025).

El agua es un recurso limitado e insustituible que es clave para el bienestar humano y solo funciona como recurso renovable si está bien gestionado. Hoy en día, más de 1.700 millones de personas viven en cuencas fluviales en las que su uso

supera la recarga natural, una tendencia que indica que dos tercios de la población mundial podría vivir en países con escasez de agua para 2025. El agua puede suponer un serio desafío para el desarrollo sostenible, pero, gestionada de manera eficiente y equitativa, el agua puede jugar un papel facilitador clave en el fortalecimiento de la resiliencia de los sistemas sociales, económicos y ambientales a la luz de unos cambios rápidos e imprevisibles (Naciones Unidas, 2025)

Si los seres humanos utilizan el agua mucho más rápido de lo que se repone, los recursos comienzan a disminuir. Precisamente, esta es una situación que están empezando a experimentar algunas regiones. Lugares donde el estrés hídrico y la escasez de agua comienzan a ser una realidad debido al aumento de la población y, consecuentemente, de la actividad agrícola e industrial. El cambio climático influye en la cantidad del agua disponible para el consumo humano, dificultando y desequilibrando aún más el acceso a este recurso vital en el mundo. Es por ello por lo que el estrés hídrico y el cambio climático mantienen una estrecha relación (Sostenibilidad, 2025).



El agua es el hilo de vida que une toda naturaleza, que estrecha la relación entre todos los miembros de un ecosistema, y es por eso por lo que poder acceder al agua, es la base de nuestra existencia. Pensar en seguridad con relación al agua implica tener en cuenta los riesgos por la escasez o el exceso, el acceso, su rol en la superación de la pobreza y el desarrollo económico, además de asegurar las necesidades de los ecosistemas. El enfoque debe ser integrado, incluir las dimensiones ecológicas, económicas y sociales de la gestión integrada de los recursos hídricos, para la generación de políticas y conocimientos que permitan la adaptación y nos acerquen al agua para todos, tal como lo señala el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (Naciones Unidas, 2015).

Un recurso indispensable para la salud y la seguridad humana es el recurso hídrico (agua dulce), este recurso es de gran importancia para ayudar con la erradicación de la pobreza, la igualdad de género, la seguridad alimentaria y la preservación de los diferentes ecosistemas; siendo este recurso clave para la existencia humana, aun hay millones de personas alrededor del mundo que se enfrentan a serios desafíos con el agua dulce

relacionadas con la mala calidad, la falta de facilidades sanitarias y las sequías.

La Asamblea General de Naciones Unidas declaró el acceso al agua dulce y al saneamiento como un derecho humano en julio del 2010. Sin embargo, la falta de acceso al agua potable en cantidad y calidad adecuada continúa siendo uno de los problemas más importantes de salud a nivel mundial.

Frente a estos desafíos, una adecuada gestión del agua dulce es esencial. El manejo sostenible del agua se ha reconocido como uno de los ejes centrales de la nueva Agenda 2030, con un Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS 6) específicamente dedicado al agua y al saneamiento, a fin de garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, además del saneamiento para todos (Naciones Unidas, 2015).

El uso sostenible del agua consiste en utilizar el recurso hídrico para diferentes actividades que tienen resultados productivos y de bienestar social, sin que se produzca una degradación de las dinámicas naturales que permiten su disponibilidad en cantidad y calidad; es decir, sin degradar la cuenca hidrográfica. Las actividades


agrícolas requieren de agua para poder producir, ya que las plantas necesitan del agua para poder crecer, desarrollarse, florear y fructificar; y también, porque el agua es un factor esencial en las actividades de procesamiento postcosecha. Comprendiendo esta necesidad, pero también la problemática que el agua tiene a nivel mundial y local; es por tanto muy importante que se implementen medidas de uso sostenible del agua, que permitan a los productores y a las futuras generaciones, seguir produciendo buenas cosechas; a las comunidades, a tener una mejor calidad de vida, y a la naturaleza, a seguir manteniendo el ciclo del agua sin alteraciones dentro de la cuenca hidrográfica (Red Latinoamericana de Comercio justo, 2017).

La gestión sostenible del agua es el uso y control del agua de manera responsable y eficiente para satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Esto incluye la protección y conservación de los recursos hídricos, así como la promoción de la sostenibilidad ambiental, social y económica. La gestión sostenible del agua abarca una amplia gama de actividades, como la planificación y gestión de la

demanda de agua, la protección de la calidad del agua, la gestión de la escasez de agua y la adaptación al cambio climático (Ecoembes The Circular Campus, 2023).

La sostenibilidad de los recursos hídricos es esencial para el bienestar de nuestro planeta y sus habitantes. Adoptar estrategias de gestión responsable del agua, desde el uso eficiente hasta la conservación de cuencas hidrográficas, es crucial para superar los desafíos actuales y construir un futuro sostenible. La colaboración entre gobiernos, empresas y la sociedad en general es clave para garantizar un acceso equitativo y duradero al agua limpia. Al abrazar estas perspectivas, podemos forjar un camino hacia un mundo donde la gestión del agua sea sinónimo de sostenibilidad y resiliencia. Cuidar los recursos hídricos implica adoptar prácticas más sostenibles y abandonar aquellas que contribuyen a su agotamiento o contaminación (ESG Innova, 2025).

Este documento aborda el análisis de la interrelación entre la conservación del agua y la transformación social en la vereda La Mesa, ubicada en el municipio de Paicol, Huila. Su propósito es comprender cómo la gestión del



recurso hídrico puede fortalecer la gobernanza local, mejorar la participación comunitaria y contribuir al desarrollo sostenible. El enfoque del documento no solo se centra en la disponibilidad del agua en términos de cantidad y calidad, sino también en las dinámicas sociales, económicas y culturales que afectan su sostenibilidad. Asimismo, se busca promover

2. METODOLOGÍA

Se utiliza una metodología cuantitativa, basada en la aplicación de encuestas de opinión o surveys a 33 asociados de la Junta de Acción Comunal de la vereda La Mesa, localizada en el municipio de Paicol, Huila. Este enfoque permite recopilar datos estructurados sobre el acceso al agua, las prácticas de gestión y las percepciones sociales de los habitantes, proporcionando información clave para evaluar la situación actual del recurso hídrico en la comunidad. La aplicación de encuestas facilita la obtención de información estandarizada que puede ser analizada estadísticamente para identificar patrones de uso, disponibilidad y calidad del agua, así como la efectividad de las estrategias de conservación implementadas. Además, permite comprender las

herramientas innovadoras para el control de la contaminación y la gestión eficiente del recurso hídrico. En última instancia, este estudio pretende fortalecer la educación hídrica y los esquemas de participación comunitaria, aportando estrategias que garanticen la seguridad hídrica y contribuyan a la construcción de comunidades más resilientes y sostenibles.

narrativas y experiencias individuales de los participantes, así como los factores sociales, económicos y culturales que influyen en la conservación del recurso hídrico (Hernández, 2020).

Junto con el enfoque cuantitativo, se lleva a cabo un análisis cualitativo basado en el estudio de casos, con el propósito de identificar iniciativas exitosas de conservación del agua y su impacto en el bienestar comunitario. A través de este análisis, se examinan experiencias previas dentro y fuera de la comunidad que han demostrado ser efectivas en la gestión hídrica sostenible, permitiendo extraer lecciones aplicables a la realidad local.

Este enfoque combinado posibilita una visión integral de la problemática, no solo en términos de disponibilidad y calidad del agua, sino también en lo que respecta a las dinámicas sociales y ambientales que afectan la sostenibilidad hídrica en la región. Además, contribuye a fortalecer la educación hídrica de la comunidad, promoviendo la

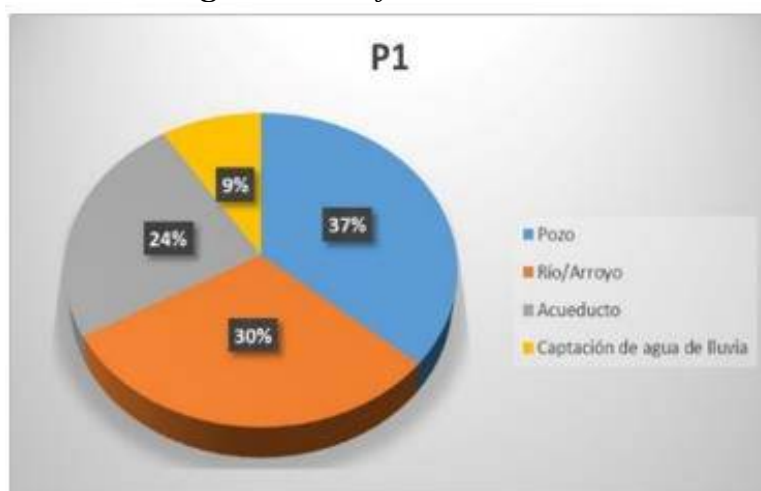
adopción de mejores prácticas y fomentando la solidez de los esquemas de participación comunitaria. Al mejorar estos aspectos, se refuerza la seguridad hídrica de la población, permitiendo una gestión más eficiente y equitativa del recurso (UNESCO, 2021).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las encuestas aplicadas a los integrantes de la JAC, con el objetivo de comprender las percepciones y realidades relacionadas con el acceso y la calidad del agua, las comunidades expresan que han comenzado a implementar prácticas de conservación, como la captación de aguas lluvias y el uso de técnicas de riego eficiente en sus cultivos, la

falta de capacitación técnica y recursos económicos limita la efectividad de estas iniciativas. Este análisis permitirá no solo evaluar la situación actual, sino también informar sobre posibles intervenciones y estrategias que podrían contribuir al desarrollo sostenible de la comunidad y fortalecer la resiliencia frente a la escasez de agua.

Figura 1. Gráfico circular P1.



Fuente: autores

Tabla 1. Estadístico pregunta 1.

Pregunta 1	Opción de Respuesta	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
¿Cuál es la principal fuente de agua en su comunidad?	Pozo	12	36.4
	Río/Arroyo	10	30.3
	Acueducto	8	24.2
	Captación de agua de lluvia	3	9.1
Total		33	100

Fuente: autores

Tabla 2. Estadístico pregunta 2.

Pregunta 2	Opción de Respuesta	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
¿Con qué frecuencia tiene acceso al agua potable?	Todos los días	15	45.5
	Varias veces a la semana	10	30.3
	Una vez a la semana	6	18.2
	Rara vez	2	6.1
Total		33	100

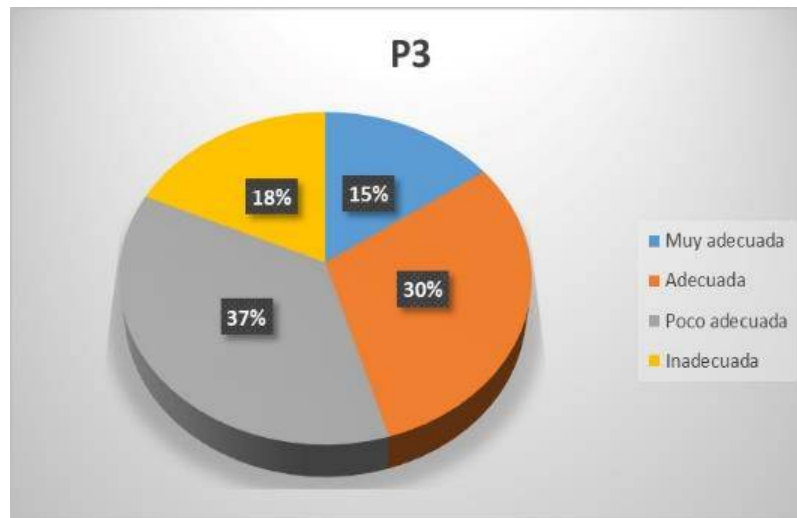
Fuente: autores

Figura 2. Gráfico circular P2



Fuente: autores

Figura 3. Gráfico circular P3



Fuente: autores

Tabla 3. Estadístico pregunta 3.

Pregunta 3	Opción de Respuesta	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
¿Considera que la calidad del agua disponible es adecuada?	Muy adecuada	5	15.2
	Adecuada	10	30.3
	Poco adecuada	12	36.4
	Inadecuada	6	18.2
Total		33	100

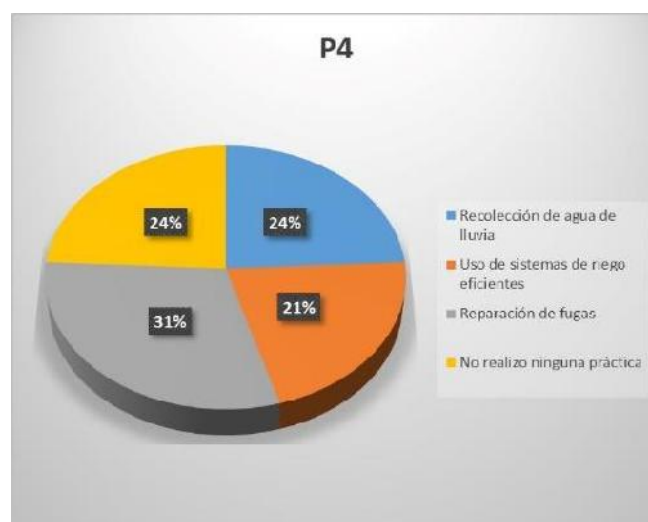
Fuente: autores

Tabla 4. Estadístico pregunta 4.

Pregunta 4	Opción de Respuesta	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
¿Qué prácticas realiza para conservar el agua en su hogar?	Recolección de agua de lluvia	8	24.2
	Uso de sistemas de riego eficientes	7	21.2
	Reparación de fugas	10	30.3
	No realizo ninguna práctica	8	24.2
Total		33	100

Fuente: autores

Figura 4. Gráfico circular P4



Fuente: autores

Figura 5. Gráfico circular P5



Fuente: autores

Tabla 5. Estadístico pregunta 5.

Pregunta 5	Opción de Respuesta	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
¿Cuál de las siguientes iniciativas considera más efectiva para la conservación del agua en su comunidad?	Educación y sensibilización	15	45.5
	Construcción de reservorios	10	30.3
	Implementación de tecnologías de ahorro de agua	5	15.2
	Capacitación para la regulación del uso del agua	3	9.1
Total		33	100

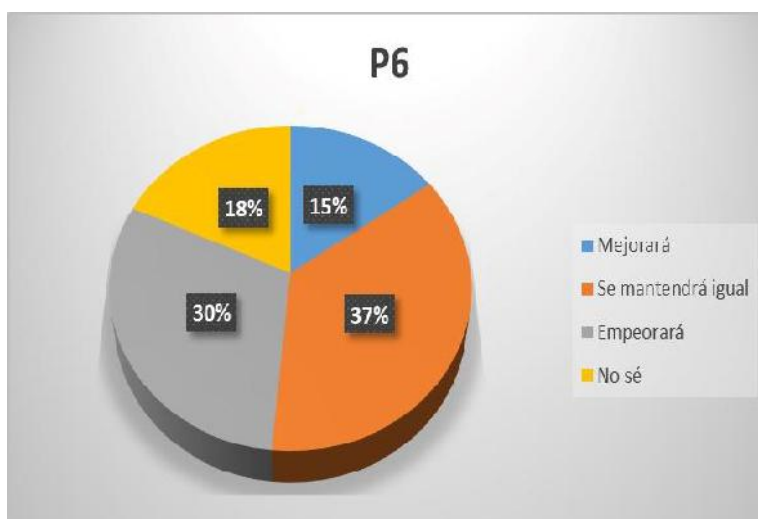
Fuente: autores

Tabla 6. Estadístico pregunta 6.

Pregunta 6	Opción de Respuesta	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
¿Cómo percibe la disponibilidad de agua en el futuro?	Mejorará	5	15.2
	Se mantendrá igual	12	36.4
	Empeorará	10	30.3
	No sé	6	18.2
Total		33	100

Fuente: autores

Figura 6. Gráfico circular P6



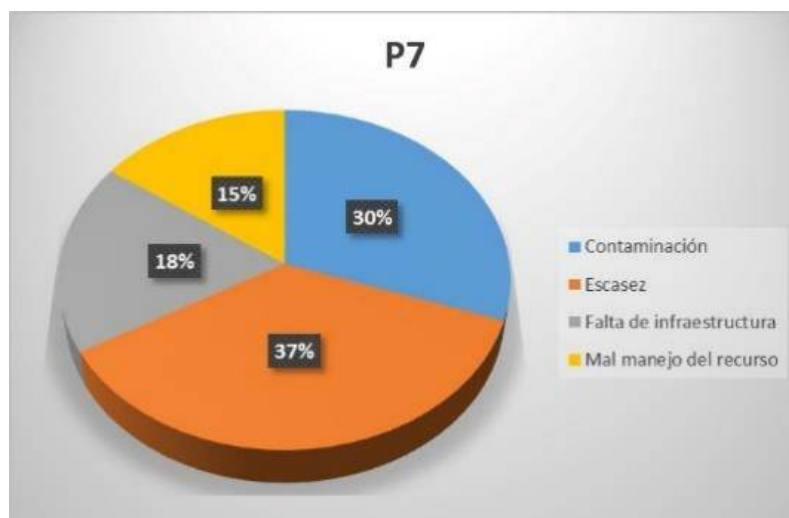
Fuente: autores

Tabla 7. Estadístico pregunta 7.

Pregunta 7	Opción de Respuesta	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
¿Cuál es el principal problema relacionado con el agua en su comunidad?	Contaminación	10	30.3
	Escasez	12	36.4
	Falta de infraestructura	6	18.2
	Mal manejo del recurso	5	15.2
Total		33	100

Fuente: autores

Figura 7. Gráfico circular P7



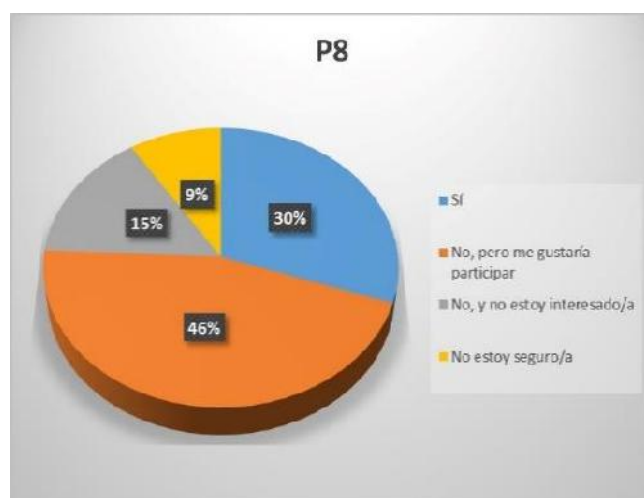
Fuente: autores

Tabla 8. Estadístico pregunta 8.

Pregunta 8	Opción de Respuesta	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
¿Ha participado alguna vez en programas o talleres sobre gestión del agua?	Sí	10	30.3
	No, pero me gustaría participar	15	45.5
	No, y no estoy interesado/a	5	15.2
	No estoy seguro/a	3	9.1
Total		33	100

Fuente: autores

Figura 8. Gráfico circular P8



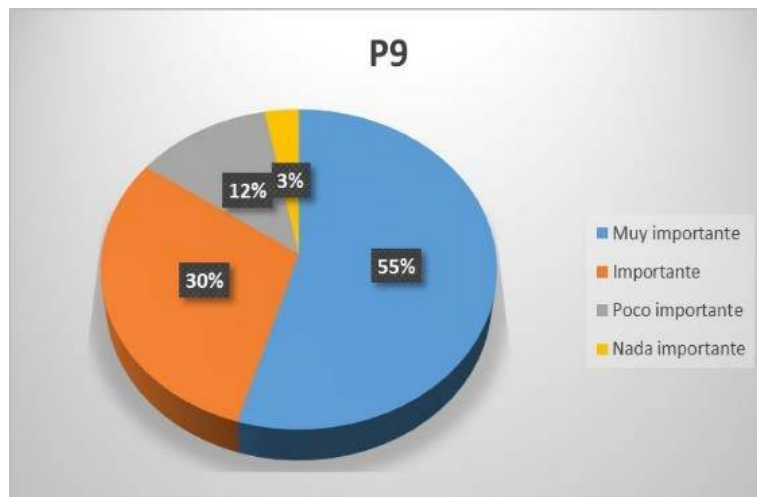
Fuente: autores

Tabla 9. Estadístico pregunta 9.

Pregunta 9	Opción de Respuesta	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
¿Qué tan importante considera la participación comunitaria en la gestión del agua?	Muy importante	18	54.5
	Importante	10	30.3
	Poco importante	4	12.1
	Nada importante	1	3.0
Total		33	100

Fuente: autores

Figura 9. Gráfico circular P9

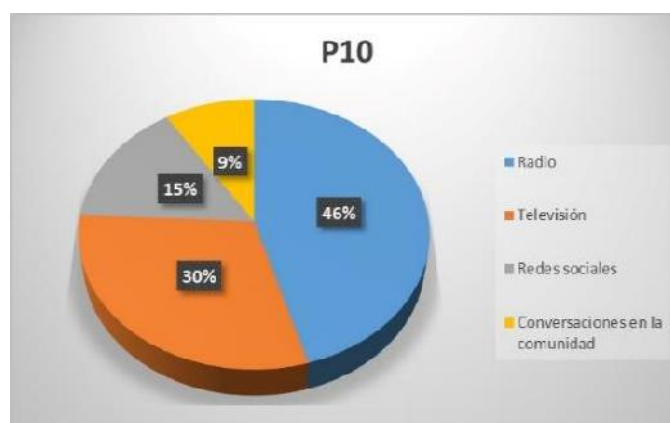


Fuente: autores


Tabla 10. Estadístico pregunta 10

Pregunta 10	Opción de Respuesta	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
¿Qué medios de comunicación utiliza para informarse sobre temas relacionados con el agua?	Radio	15	45.5
	Televisión	10	30.3
	Redes sociales	5	15.2
	Conversaciones en la comunidad	3	9.1
Total		33	100

Figura 10. Gráfico circular P10



Fuente: autores



Los resultados obtenidos a partir de la encuesta aplicada a los integrantes de la Junta de Acción Comunal (JAC) reflejan una visión integral sobre las percepciones y realidades de la comunidad respecto al acceso, disponibilidad y calidad del agua. El análisis de estos datos permite identificar los principales desafíos y oportunidades en la gestión del recurso hídrico, así como las iniciativas que podrían fortalecer la sostenibilidad en la vereda La Mesa.

Uno de los hallazgos más relevantes es la dependencia de la comunidad de fuentes naturales para el abastecimiento de agua. Un 36.4% de los encuestados se abastece de pozos, seguido por un 30.3% que obtiene agua de ríos o arroyos. Solo un 24.2% tiene acceso a acueducto, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la infraestructura hídrica en la zona. Además, la captación de agua de lluvia, a pesar de ser una alternativa sostenible, solo es utilizada por el 9.1% de los encuestados, lo que indica una oportunidad de mejora mediante capacitación y promoción de esta práctica.

En cuanto a la frecuencia del acceso al agua potable, el 45.5% de los encuestados afirmó disponer de este recurso todos los días, mientras que

un 30.3% lo recibe varias veces por semana. Sin embargo, un 18.2% solo tiene acceso una vez por semana, y un 6.1% rara vez lo obtiene, lo que sugiere que una parte significativa de la comunidad enfrenta dificultades de abastecimiento, lo que podría repercutir en su calidad de vida y salud.

Respecto a la percepción de la calidad del agua, los resultados indican que solo un 15.2% considera que es muy adecuada, mientras que un 30.3% la califica como adecuada. No obstante, un 36.4% la percibe como poco adecuada y un 18.2% la considera inadecuada. Esto resalta la necesidad de implementar medidas para mejorar la calidad del agua disponible, tales como la instalación de sistemas de filtración o tratamiento, así como campañas de educación sobre el manejo seguro del recurso hídrico.

Los resultados evidencian un compromiso moderado con la conservación del agua. Un 30.3% de los encuestados reporta realizar reparaciones de fugas, mientras que un 24.2% practica la recolección de agua de lluvia y otro 21.2% utiliza sistemas de riego eficientes. Sin embargo, un 24.2% de la población manifiesta no realizar ninguna

práctica de conservación, lo que subraya la necesidad de fortalecer la educación ambiental y fomentar estrategias de uso eficiente del agua dentro de la comunidad.

Cuando se les preguntó sobre las estrategias que consideran más efectivas para la conservación del agua en su comunidad, la mayoría (45.5%) mencionó la educación y sensibilización. Este hallazgo resalta la importancia de diseñar programas de capacitación dirigidos a la comunidad sobre el uso sostenible del agua. Además, un 30.3% identificó la construcción de reservorios como una solución viable, lo que indica la necesidad de invertir en infraestructura hídrica adecuada.

En relación con las perspectivas sobre la disponibilidad de agua en el futuro, el 36.4% considera que se mantendrá igual, mientras que un 30.3% opina que empeorará. Solo un 15.2% cree que mejorará, lo que revela una preocupación generalizada sobre el acceso al recurso hídrico a largo plazo y la necesidad de implementar acciones concretas para garantizar su disponibilidad.

El 36.4% de los encuestados identifica la escasez como el

principal problema en su comunidad, seguido por la contaminación del agua con un 30.3%. La falta de infraestructura (18.2%) y el mal manejo del recurso (15.2%) también se destacan como problemas críticos. Estos resultados refuerzan la importancia de implementar estrategias que aborden no solo la cantidad de agua disponible, sino también su calidad y el desarrollo de infraestructura para su correcta gestión.

El 54.5% de los encuestados considera que la participación comunitaria en la gestión del agua es muy importante, mientras que un 30.3% la califica como importante. Esto indica una disposición positiva hacia la colaboración en iniciativas hídricas. Sin embargo, solo el 30.3% ha participado en programas o talleres sobre gestión del agua, lo que indica un bajo nivel de involucramiento en procesos de formación, a pesar del interés demostrado por el 45.5% que desearía participar.

En cuanto a los medios utilizados para informarse sobre temas relacionados con el agua, la radio es el canal más utilizado (45.5%), seguido por la televisión (30.3%). Solo un 15.2% se informa a través de redes sociales y un 9.1%

mediante conversaciones en la comunidad. Esto sugiere que las estrategias de comunicación para la concienciación sobre la conservación del agua podrían enfocarse en estos canales para lograr un mayor impacto.

Para abordar los desafíos identificados en la gestión del recurso hídrico en la vereda La Mesa, es pertinente considerar estrategias respaldadas por experiencias exitosas y estudios en contextos similares. A continuación, se presentan algunas referencias bibliográficas que ofrecen enfoques y soluciones aplicables:

Educación ambiental para la conservación del recurso hídrico a nivel comunitario: Este estudio argumenta que un plan de educación ambiental para la conservación del agua debe considerar variables como la disposición y el comportamiento de la comunidad. Se enfatiza la importancia de desarrollar conocimientos, actitudes y aptitudes en torno al cuidado y preservación del agua, involucrando a la comunidad en actividades educativas y de divulgación (Díaz et. al, 2015).

Programas de Educación Ambiental: Rural: El programa

"Agua Vida" se caracteriza por ser interactivo entre los niños, educadores, padres de familia y el entorno circundante. A través de talleres mensuales y herramientas lúdicas, se promueve la gestión sostenible del agua, fomentando la corresponsabilidad en las comunidades educativas de las escuelas rurales (ETAPA, 2022).

Soluciones innovadoras para el acceso al agua potable en zonas rurales: Este artículo destaca la implementación de sistemas de telemetría para medir la calidad del agua en Perú, lo que permitió un monitoreo continuo y mejoró la gestión del recurso en comunidades rurales (Banco Interamericano de Desarrollo, 2023).

Gestión del recurso hídrico en la ruralidad, mediante estrategias de fortalecimiento comunitario": Este estudio evidencia que el fortalecimiento comunitario a partir de estrategias participativas organiza, promueve y genera transformaciones para el mejoramiento de la gestión del recurso hídrico en zonas rurales (López, et. al., 2021).

Cómo las comunidades rurales están revolucionando la gestión del agua: casos de éxito: Este artículo presenta ejemplos de

comunidades rurales que han implementado prácticas innovadoras para la gestión sostenible del agua, como la captación y almacenamiento de agua de lluvia, sistemas de irrigación eficientes y tratamiento y reutilización de aguas residuales (Fan del Agua, 2023).

Conservación del agua: qué es, medidas a tomar e importancia:

Este recurso ofrece una visión general sobre la conservación del agua, detallando actividades, prácticas y técnicas destinadas a utilizar de manera consciente y sostenible el agua dulce disponible, así como a proteger y preservar las fuentes hídricas (Ferrovial, 2022).

Innovación social para mejorar el acceso a agua potable en zonas rurales:

Este artículo enfatiza la importancia de aumentar el nivel de participación de la comunidad y los usuarios en la gestión del agua,

promoviendo prácticas innovadoras y el uso de tecnologías para mejorar el desarrollo de recursos hídricos y saneamiento (CAF - Banco de Desarrollo de América Latina, 2023).

Educación y Conciencia sobre el Uso Responsable del Agua:

Este recurso destaca la relevancia de la educación como herramienta fundamental para promover el uso responsable del agua, comenzando desde temprana edad y fomentando prácticas sostenibles en la comunidad (Vitaqua, (2022).

Estas referencias proporcionan estrategias y enfoques que pueden ser adaptados e implementados en la vereda La Mesa para mejorar el acceso, la calidad y la gestión sostenible del recurso hídrico, fortaleciendo la participación comunitaria y promoviendo prácticas de conservación.

4. CONCLUSIONES

La investigación revela que la demanda del agua es incansablemente creciente, no solo se necesita más agua para cubrir los requerimientos de bebida e higiene de la comunidad sino que también se necesita para la producción de

alimentos, lo anterior hace que el agua sea un medio de subsistencia, algo que sirve para satisfacer una necesidad, nos hemos dado cuenta que la cantidad como la calidad son de gran importancia, es por esto que la conservación y sostenibilidad

hídrica en comunidades rurales está intrínsecamente relacionada con el bienestar social, sin embargo, persisten desigualdades significativas en el acceso, afectando principalmente a las familias más vulnerables.

Además, los efectos del cambio climático han incrementado la escasez y la calidad del agua, lo que resalta la urgencia de implementar medidas correctivas. La falta de capacitación técnica limita la efectividad de las iniciativas de conservación, por lo que se evidenció que es fundamental desarrollar programas de educación y promover la participación comunitaria en la gestión del agua, manejar la demanda optimizando y haciendo más eficiente el uso del agua (cantidad), mejorando a la vez los sistemas de tratamiento de

efluentes y de disposición de residuos, involucrar a la comunidad en la toma de decisiones relacionadas con la gestión del agua es esencial.

La participación no solo fomenta la apropiación de los recursos, sino que también mejora la efectividad de las soluciones implementadas. En este contexto, se sugiere adoptar políticas integradas que combinen estrategias de conservación con enfoques que prioricen la equidad y la justicia social, fomentando así un desarrollo sostenible e inclusivo. El desafío es lograr el uso racional y sostenible del recurso hídrico a través del balance entre una oferta cada vez más limitada ante una demanda incansablemente creciente que también debería gestionarse para ser más eficiente.

REFERENCIAS

- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2023). *Soluciones innovadoras para el acceso al agua potable en zonas rurales: Caso de éxito en el Perú*. BID Blogs. <https://blogs.iadb.org/agua/es/soluciones-innovadoras-para-el-acceso-al-agua-potable-en-zonas-rurales-caso-de-exito-en-el-peru>
- CAF - Banco de Desarrollo de América Latina. (2023). *Innovación social para mejorar el acceso a agua potable en zonas rurales*. <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/innovacion-social-para-mejorar-el-acceso-a-agua-potable-en-zonas-rurales>

- Díaz, J., & Pérez, M. (2015). *Educación ambiental para la conservación del recurso hídrico a nivel comunitario*. Revista de Educación y Medio Ambiente, 12(3), 45-60.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5212752.pdf>
- ETAPA. (2022). *Programas de educación ambiental: Rural*. Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca (ETAPA). <https://www.etapa.net.ec/gestion-ambiental/programas-de-gestion-ambiental/programas-de-educacion-ambiental-rural>
- ESG Innova. (2025). Sostenibilidad de recursos hídricos: Perspectivas para la gestión responsable del agua. *ESG Innova*.
<https://www.esginnova.com/sostenibilidad/sostenibilidad-de-recursos-hidricos-perspectivas-para-la-gestion-responsable-del-agua/>
- Ecoembes The Circular Campus. (2023). Gestión sostenible del agua. *Ecoembes The Circular Campus*.
<https://www.ecoembesthecircularcampus.com/gestion-sostenible-del-agua/>
- Fan del Agua. (2023). *Cómo las comunidades rurales están revolucionando la gestión del agua: Casos de éxito*. <https://fandelagua.com/como-las-comunidades-rurales-estan-revolucionando-la-gestion-del-agua-casos-de-exito>
- Ferrovial. (2022). *Conservación del agua: Qué es, medidas a tomar e importancia*. <https://www.ferrovial.com/es/recursos/conservacion-del-agua>
- Ferrovial. (2025). *Conservación del agua*. *Ferrovial*.
<https://www.ferrovial.com/es/recursos/conservacion-del-agua/>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.
<http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>
- López, R., & Gómez, L. (2021). Gestión del recurso hídrico en la ruralidad mediante estrategias de fortalecimiento comunitario. Revista

- Latinoamericana de Recursos Hídricos, 14(2), 75-92.
<https://www.redalyc.org/journal/2654/265478502011/html>
- Naciones Unidas. (2015). Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. *Organización de las Naciones Unidas*.
<https://sdgs.un.org/es/goals>
- Naciones Unidas. (2015). Tercer informe sobre la gestión del agua en el mundo. ONU - Década del Agua.
https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/WM_IIIESP.pdf
- Naciones Unidas. (2025). Agua. *Naciones Unidas*.
<https://www.un.org/es/global-issues/water>
- Naciones Unidas. (2025). Agua y desarrollo sostenible. *Naciones Unidas*.
https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml
- Ruiz-Rosa, I., García-Rodríguez, F. J., & Antonova, N. (2020). Developing a methodology to recover the cost of wastewater reuse: A proposal based on the polluter pays principle. *Utilities Policy*, 65, 101067.
<https://doi.org/10.3390/agronomy10050714>
- Red Latinoamericana de Comercio Justo. (2017). *Manual de uso sostenible de agua por productores del comercio justo*. Base Socioeco.
<https://base.socioeco.org/docs/manual-de-uso-sostenible-de-agua-por-productores-del-comercio-justo-ok.pdf>
- UNESCO. (2020). *The United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2020/>
- UNESCO. (2021). Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2021: El valor del agua. *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)*.
<https://www.unesco.org/reports/wwdr/2021/es>
- Vitaqua. (2022). *Educación y conciencia sobre el uso responsable del agua: Promoviendo la conservación y el tratamiento adecuado*.
<https://vitaqua.es/educacion-y-conciencia-sobre-el-uso-responsable-del-agua-promoviendo-la-conservacion-y-el-tratamiento-adecuado>

Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., & Davies, P. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *nature*, 467(7315), 555-561. <https://doi.org/10.1038/nature09440>

WWAP (World Water Assessment Programme). (2018). *The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water*. UNESCO. <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2018/>



Licencia de Creative Commons

Revista Working Papers ECAPMA is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Fecha de recibido: 14-11-2024

Fecha de aceptado: 31-10-2025

ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN ECOLÓGICA BASADAS EN EL USO DE FERTILIZANTES TIPO BOCASHI PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE EN EL MUNICIPIO DEL LÍBANO, TOLIMA

ORGANIC PRODUCTION STRATEGIES BASED ON THE USE OF BOCASHI-TYPE FERTILIZER FOR THE STRENGTHENING OF SUSTAINABLE AGRICULTURE IN THE MUNICIPALITY OF LÍBANO, TOLIMA

Magda Ileana Agudelo Rodríguez

Especialista en Gerencia de Proyectos. Maestrante en Gerencia de Proyectos Colombia. Docente Investigadora de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) - ECAPMA

Grupo de investigación: Inyumacizo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1475-4033>

magda.agudelo@unad.edu.co

Lensy Milena Murcia Castiblanco

Magíster en Pedagogía Ambiental para el Desarrollo Sostenible Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) - ECEDU

Grupo de investigación: Infancias, Educación y Diversidad

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1510-1990>

lensy.murcia@unad.edu.co

Citación: Agudelo-Rodríguez, M. I. y Murcia-Castiblanco, L. M. (2025). *Estrategias de producción orgánica basadas en el uso de abono tipo bocashi para el fortalecimiento agrícola sostenible en el municipio del Líbano, Tolima. Working Papers ECAPMA*, 9(1), 137 - 158. <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.8854>



RESUMEN

Contextualización del tema

La agricultura del municipio del Líbano (Tolima), a lo largo de los años, ha enfrentado grandes desafíos que se enmarcan en los inconvenientes con la degradación del suelo, esto aunado a los grandes costos de los insumos y a la utilización de fertilizantes químicos que, por desconocimiento, afectan significativamente la sostenibilidad ambiental. De acuerdo con esto, el desarrollo de actividades enmarcadas en la conservación del suelo por medio de prácticas orgánicas se establece como una alternativa asertiva que permite promover la sostenibilidad agrícola y con ello el aporte al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

A pesar de que los agricultores han mostrado más interés en la conservación del suelo y la protección del medio ambiente gracias a la agricultura orgánica, no se evidencia una acción clara de la comunidad porque se implemente a gran escala la producción de este tipo de abono y que permita evidenciar la efectividad del abono tipo bocashi en temas importantes como el aumento en la fertilidad de los suelos, el rendimiento en tiempo y en productividad de los cultivos en trópicos medios y altos del país. Este

análisis pretende captar la atención sobre todo de la comunidad mediante la validación experimental del abono tipo bocashi como insumo sostenible en la producción agrícola del sector.

Vacío de investigación

En el ambiente del sector agrícola del municipio del Líbano, se ha identificado que existe un vacío significativo en la investigación aplicada, haciendo referencia a la eficiencia del abono tipo bocashi en condiciones agroecológicas de montaña, especialmente cuando se hace referencia a la efectividad que podría tener en cultivos que son el sustento para los campesinos.

Propósito del estudio

Lograr la evaluación de la viabilidad ambiental y técnica del abono tipo bocashi, como estrategia de producción ambiental y orgánica sostenible que contribuya a una producción orgánica favorable a la conservación y recuperación del suelo —que se ha visto en los últimos años tan degradado—, para alcanzar con esto la reducción de costos de producción y, sobre todo, el aumento en la sostenibilidad alimentaria del municipio del Líbano, Tolima.

Metodología

Este estudio de campo se desarrolló por medio de un análisis de campo que cuenta con un enfoque experimental de acuerdo con los lineamientos del Project Management Institute (PMI). Este ejercicio se inició con el desarrollo de encuestas a productores rurales, la captura de microorganismos de montaña, la elaboración del abono tipo bocashi y la aplicación en algunos cultivos experimentales de cilantro que adelantaron los estudiantes del semillero Ruralidad, Ambiente y Sostenibilidad (RAS).

Resultados y conclusiones

Se puede evidenciar en los resultados que el uso del bocashi aumentó significativamente la altura, número de ramas y el rendimiento en tiempo del cultivo,

comparado con el testigo utilizado sin fertilización, hubo una reducción significativa en el tiempo a cosecha.

De acuerdo con lo anteriormente mencionado, es posible concluir que el abono tipo bocashi se establece como una alternativa sostenible, amigable con el medio ambiente, viable y económica para la producción agrícola del sector rural, que contribuye además a los ODS 2 (Hambre cero), 13 (Acción por el clima) y 15 (Vida de ecosistemas terrestres), y fomenta la conservación de suelos a la protección del agua, del medio ambiente y, sobre todo, a la producción limpia.

Palabras clave: objetivos de desarrollo sostenible (ODS), bocashi, microorganismos de montaña, seguridad alimentaria, recuperación de suelos, producción agrícola sostenible.

ABSTRACT

Contextualization of the topic

Over the years, agriculture in the municipality of Líbano (Tolima) has faced significant challenges related to soil degradation, coupled with the high cost of inputs and, due to a lack of knowledge, the use of chemical fertilizers that significantly impact environmental sustainability. Therefore, developing activities focused on soil conservation through organic practices is established as a viable alternative that promotes agricultural sustainability and contributes to achieving the SDGs (Sustainable Development Goals)

Although farmers have shown increased interest in soil conservation and environmental protection through organic agriculture, there is no clear evidence of community action to implement large-scale production of this type of fertilizer. This lack of action would allow for demonstrating the effectiveness of bocashi fertilizer in important areas such as increased soil fertility and improved crop yields and productivity in the mid- and high-altitude tropical regions of the country. This analysis aims to capture the attention of the community, in particular, by experimentally validating bocashi fertilizer as a sustainable input in agricultural production in the region.

Knowledge gap

In the agricultural sector of the municipality of Líbano, a significant gap has been identified in applied research regarding the efficiency of bocashi-type fertilizer under mountain agroecological conditions, especially concerning its potential effectiveness in crops that are the livelihood of farmers.

Purpose of the study

To achieve the evaluation of the environmental and technical viability of bocashi-type fertilizer as a sustainable environmental and organic production strategy that contributes to organic production that helps conserve and recover the soil, which has been so degraded in recent years, thereby reducing production costs and, above all, increasing food sustainability in the municipality of Líbano, Tolima.

Methodology

This field study was conducted through a field analysis with an experimental approach, following the guidelines of the Project Management Institute (PMI). This process began with surveys of rural producers, the collection of mountain microorganisms, the preparation of bocashi-type fertilizer, and its appli-

cation to experimental cilantro crops cultivated by students of the Rurality, Environment, and Sustainability (RAS) research group.

Results and conclusions

The results show that the use of Bokashi significantly increased the height, number of branches, and yield of the crop compared to the control group without fertilization. There was also a significant reduction in time to harvest. Based on the above, it can be concluded that this fertilizer is

a sustainable, environmentally friendly, viable, and economical alternative for rural agricultural production. It also contributes to SDGs 2 (Zero Hunger), 13 (Climate Action), and 15 (Life on Land), and promotes soil conservation, water protection, environmental protection, and, above all, clean production.

Keywords: Sustainable Development Goals (SDGs), Bokashi, mountain microorganisms, food security, soil recovery, sustainable agricultural production.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la producción agrícola se enfrenta a inmensidad de desafíos que se derivan de factores inmersos dentro del cambio climático, como el aumento indiscriminado de los insumos agrícolas, la degradación del suelo, la inconciencia por el aumento en las edificaciones, pero a su vez el aumento en la necesidad de garantizar la seguridad alimentaria en la comunidad rural (FAO, 2021; Naciones Unidas, 2015). En medio de este contexto, se busca la implementación de estrategias que logren la generación de una producción orgánica amigable con el medio ambiente que sea alcanzable pero también sostenible y, además, que sea capaz de responder a la necesidad de alimentos saludables, teniendo en cuenta el bienestar del suelo y del factor económico de los campesinos (González y Pérez, 2020).

Este ejercicio investigativo que se desarrolla en el municipio del Líbano, Tolima, con una altura s. n. m. de 1650 metros, cuenta con unas características agrícolas y ecológicas aptas para lograr

la exploración de alternativas productivas amigables con el medio ambiente, por medio de la producción de abono en estado sólido o abono tipo bocashi, elaborado a partir de la captura, proliferación y aprovechamiento de microorganismos de montaña y con el uso de los residuos orgánicos disponibles en el sector, presentan una opción muy viable para aumentar la producción agrícola y reducir en gran medida la utilización de los productos agroquímicos que tanto afectan la fertilidad de los suelos.

Uno de los aspectos más importantes de la investigación es que no solo se recupera la nutrición de suelos y plantas, sino que se convierte en una opción importante que aporta al cumplimiento parcial de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), establecidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), apuntando sobre todo al ODS 2 (Hambre cero), ODS 13 (Acción por el clima), ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres), (Naciones Unidas, 2015).

2. METODOLOGÍA

El desarrollo de este estudio se estructuró bajo un análisis de campo complementado con una metodología de carácter experimental, que incluyó, además, una revisión documental exhaustiva. Todo el proceso metodológico siguió las pautas establecidas por el Project Management Institute (PMI), las cuales permiten organizar las fases desde la conceptualización inicial hasta la validación del producto final, en este caso, un abono tipo bocashi (Estay-Niculcar et al., 2004). Esta ruta metodológica asegura un proceso ordenado y verificable, en el que cada fase responde a objetivos concretos y a la necesidad de generar un producto agrícola eficiente y sostenible.

Diseño de la investigación

En la etapa preliminar, se realizó una indagación bibliográfica y contextual que fundamentó la pertinencia del proyecto. Se analizaron estudios previos que señalan los beneficios del bocashi en la recuperación de suelos degradados y en el incremento de la productividad agrícola (Jordán y Pizarro, 2020). Igualmente, se revisaron trabajos que destacan cómo la dependencia de fertilizantes químicos afecta la biodiversidad y la seguridad alimentaria, enfatizando en la necesidad de promover fertilización orgánica como parte de una estrategia integral de sostenibilidad (Ramos y Terry, 2014).

De forma paralela, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas y encuestas dirigidas a habitantes de la zona rural del municipio del Líbano, principalmente en estratos socioeconómicos bajos, donde se identificó la necesidad de alternativas que permitan reducir costos en la producción agrícola y acceder a alimentos más limpios. Estos insumos cualitativos se complementaron con un análisis bibliográfico sobre los objetivos de desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria a nivel mundial, en concordancia con lo propuesto por la ONU en la Agenda 2030 (Naciones Unidas, 2015).

El marco metodológico adoptado tomó como referencia la investigación de campo aplicada en contextos rurales, tal como lo proponen Spink (2007) y Nágera y Paredes (2017), quienes resaltan que la interacción directa con las comunidades permite no solo recoger información contextualizada, sino también fortalecer procesos participativos que legitiman el desarrollo de la investigación.

Captura de microorganismos de montaña

El primer paso para la elaboración del abono tipo bocashi fue la captura de microorganismos de montaña, los cuales constituyen un insumo fundamental para enriquecer el suelo. Colombia, al

estar ubicada en la zona tropical, cuenta con condiciones climáticas favorables (dos periodos estacionales: verano e invierno) que permiten una alta biodiversidad y la existencia de comunidades microbianas, como bacterias, hongos, actinomicetos y micorrizas. Estos organismos, adaptados a diversos microclimas, se convierten en aliados estratégicos para la agricultura sostenible, dado que aportan nutrientes y promueven la regeneración de suelos degradados. Castro et al. (2015) evidencian que el uso de microorganismos de montaña incrementa la productividad de los cultivos al mejorar la estructura del suelo y potenciar la disponibilidad de nutrientes.

Elaboración del abono tipo bocashi

Una vez recolectados los microorganismos, se avanzó en la consecución de materiales orgánicos disponibles en el municipio, con el doble propósito de reducir la contaminación ambiental y aprovechar recursos locales para recuperar suelos. Dentro de estos insumos, se seleccionó la equinaza, abundante en la zona, la cual aporta nitrógeno y materia orgánica esencial. La mezcla incluyó, además, cenizas, roca fosfórica, melaza y tierra, que junto con los microorganismos de montaña dieron lugar a una masa homogénea.

Durante el proceso de fermentación, la temperatura alcanzó inicialmente cerca de 60 °C, indicador del desarrollo micro-

biano activo y, tras un periodo de 22 días de aireación, se logró estabilizar el abono a temperatura ambiente. Este tiempo de fermentación es consistente con lo reportado en estudios sobre la producción de bocashi, donde se recomienda un periodo de entre 18 y 25 días para obtener un producto maduro y seguro para los cultivos (González y Pérez, 2020).

Implementación y pruebas de campo

El abono obtenido se probó en un cultivo experimental de cilantro (*Coriandrum sativum*). Para evaluar su eficiencia, se diseñó una comparación con un grupo control sin aplicación de abono. Los resultados iniciales mostraron que las plantas abonadas con bocashi presentaron mayor crecimiento y un desarrollo más uniforme, lo que se traduce en un mejor rendimiento agrícola. Estos hallazgos coinciden con lo observado en investigaciones previas que destacan el impacto positivo del bocashi en la producción hortícola (Jordán y Pizarro 2020).

La evaluación se llevó a cabo midiendo variables como el número de ramas, la altura de los tallos principales y el tiempo requerido para alcanzar la etapa productiva. Los datos recolectados evidenciaron una diferencia significativa entre las dos muestras, confirmando la eficiencia del abono orgánico frente a la ausencia de fertilización. Cada etapa del proceso fue documentada y socializada en el semillero Ruralidad, Ambiente y

Sostenibilidad (RAS), con el fin de garantizar transparencia y brindar la posibilidad de réplica en otros contextos.

En este sentido, puede comprenderse que la metodología empleada no solo permitió validar técnicamente el abono

tipo bocashi, sino que también fortaleció el conocimiento local y promovió la apropiación comunitaria de prácticas sostenibles que se alinean con los ODS y con las demandas actuales de una agricultura resiliente y amigable con el ambiente.

Figuras y tablas

Para mostrar los materiales y métodos utilizados en este análisis, se comparten las figuras a continuación:

- **Figura 1.** Captura de microorganismos de montaña. Estas figuras identifican el procedimiento inicial del proyecto correspondiente a la captura de los microorganismos que se van a utilizar para la elaboración del abono tipo bocashi



Fuente: Semillero Ruralidad, Ambiente y Sostenibilidad (RAS).

- **Figura 2.** Primera mezcla de microorganismos de montaña. En esta imagen se identifica el primer ejercicio de la mezcla de microorganismos de montaña con melaza y salvado de arroz para que sean multiplicados



Fuente: Semillero Ruralidad, Ambiente y Sostenibilidad (RAS).

- **Figura 3.** Pisado y almacenamiento de microorganismos de montaña. En esta figura se muestra el proceso de almacenamiento de los microorganismos capturados para su multiplicación



Fuente: Semillero Ruralidad, Ambiente y Sostenibilidad (RAS).

- **Figura 4.** Elaboración del abono tipo bocashi. Muestra el procedimiento de la mezcla de equinaza – tierra – microorganismos de montaña – roca fosfórica – cenizas y melaza para la producción inicial de una tonelada de abono orgánico



Fuente: Semillero Ruralidad, Ambiente y Sostenibilidad (RAS).

- **Figura 5.** Proceso de volteo. Desarrollo de la aireación del abono, para la disminución de la temperatura y estabilización del abono



Fuente: Semillero Ruralidad, Ambiente y Sostenibilidad (RAS).

- **Figura 6.** Evaluación del abono tipo bocashi. Para poder realizar la evaluación del abono se realizó la siembra de cilantro con dos tratamientos, en la imagen de la izquierda abonado con el producto desarrollado y en la derecha, sembrado de forma natural sin ningún tipo de abono, únicamente con el manejo de la tierra. En este último se evidencia de forma clara menos producción, sin embargo, ambas muestras se realizaron con procesos amigables con el medio ambiente.



Las figuras expuestas anteriormente, proporcionan una visión más entendible del enfoque metodológico experimental elegido, que nace desde la conceptualización para la elaboración de una alternativa orgánica de abonos, que son amigables con el medio ambiente, hasta la implementación y evaluación de este.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

■ **Tabla 1.** Resultados comparativos del diseño experimental del cultivo de cilantro con y sin aplicación de bocashi.

Criterio	Con bocashi	Sin bocashi
Altura promedio (cm)	28,5	21,0
Número de ramas	12,0	8,0
Rendimiento (g/planta)	155,0	98,0
Tiempo a cosecha (días)	40,0	47,0

Fuente: Semillero de Investigación Ruralidad, Ambiente y Sostenibilidad (RAS).

La aplicación del tratamiento con bocashi logró el incremento en la altura promedio del cultivo en 7,5 cm. De igual forma, el número de ramas aumentó significativamente, pasando de 8 a 12 y el rendimiento por planta en un 53 % en comparación con la información obtenida gracias al testigo. Es importante mencionar además que hubo una reducción significativa e importante en el tiempo de crecimiento y desarrollo de la planta, logrando una cosecha con siete días de antelación.

El análisis realizado permitió identificar hallazgos significativos en torno a la elaboración y aplicación del abono tipo bocashi como una estrategia de producción orgánica para los cultivos en el municipio del Líbano, Tolima. De manera general, los resultados obtenidos muestran que esta práctica no solo incide de forma positiva en el crecimiento de los cultivos, sino que además fortalece la sostenibilidad ambiental y la resiliencia

comunitaria frente a los altos costos y efectos adversos de los fertilizantes químicos. El enfoque central del estudio se mantuvo en la producción limpia y en la posibilidad de integrar la innovación tecnológica con prácticas agroecológicas adaptadas al contexto local.

Objetivos de desarrollo sostenible

La implementación del bocashi contribuye directamente a dos ODS centrales. Por un lado, el ODS 2 (Hambre cero), ya que fomenta la producción de alimentos a pequeña escala en huertas familiares, asegurando un acceso constante a productos básicos de la canasta alimentaria. Por otro lado, el ODS 13 (Acción por el clima), porque al disminuir la dependencia de insumos químicos se reduce la huella de carbono, se promueve la resiliencia de los sistemas agrícolas y se favorecen prácticas que mitigan el cambio

climático. De hecho, la FAO ha señalado que el uso de abonos orgánicos puede desempeñar un papel fundamental en la captura de carbono y en la regeneración de suelos degradados, lo cual incrementa la capacidad de adaptación de la agricultura frente a fenómenos climáticos extremos (FAO, 2021).

Aprovechamiento de residuos orgánicos

El proceso de transformación de residuos orgánicos en abono tipo bocashi se presenta como una solución eficiente para la gestión sostenible de desechos en comunidades rurales. Esta práctica reduce el impacto ambiental de la disposición inadecuada de residuos, especialmente al evitar que lleguen a vertederos donde se generan emisiones de gases de efecto invernadero como el metano. Al mismo tiempo, convierte esos residuos en insumos agrícolas de alto valor que enriquecen el suelo y favorecen su recuperación. Según González y Pérez (2020), la incorporación de bocashi en sistemas agrícolas aporta nutrientes esenciales, mejora la fertilidad del suelo y contribuye de manera directa a la seguridad alimentaria local.

Eficiencia en el uso del espacio

Uno de los criterios considerados en el diseño del proyecto fue la optimización del espacio disponible, aspecto clave en contextos rurales donde las viviendas y huertas suelen contar con áreas reducidas para almacenamiento o procesamiento

de insumos. El planteamiento metodológico priorizó la capacidad de producir y almacenar abono sin interferir con los espacios residenciales, garantizando así que la propuesta fuera funcional y viable para las familias campesinas.

Para lograr la optimización del espacio sin sacrificar la habitabilidad de los predios, el proyecto utilizó herramientas de diseño asistido (modelado y dimensionamiento) que permitieron simular la disposición del sistema de compostaje y verificar su integración estética y funcional en entornos domésticos de pequeña escala. Esta aproximación encuentra respaldo en los instrumentos de planificación territorial y gestión de residuos: el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT), (Alcaldía Municipal del Líbano, s.f.) del municipio del Líbano y su Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Alcaldía Municipal del Líbano, 2023) establecen lineamientos y programas orientados al manejo y aprovechamiento de residuos orgánicos, lo que legitima la instalación de unidades de compostaje en predios rurales, siempre que se respeten criterios de ubicación y operación. Asimismo, guías técnicas nacionales e internacionales (Ministerio de Ambiente, UAESP y FAO) suministran recomendaciones prácticas —sobre ventilación, manejo de olores, tamaño y accesibilidad— que permiten que composteras y pequeñas plantas de procesamiento se integren en espacios reducidos sin afectar la convivencia residencial. Adicionalmente, proyectos técnicos y diseños de planta de compostaje (estudios

de caso regionales) muestran que el uso de modelado y criterios técnicos en el diseño optimiza la capacidad de almacenamiento y circulación, minimizando impactos y facilitando la adopción por parte de las familias campesinas.

En estudios afines, se ha demostrado que el diseño de sistemas de compostaje en espacios reducidos no solo debe contemplar los criterios técnicos, sino también las estrategias sociales y pedagógicas que aseguren la apropiación por parte de las comunidades. En el caso documentado por Fandiño y Gutiérrez (2019), al implementar un sistema de compostaje en la Fundación Manantial de Paz y Esperanza (Macanal, Boyacá), se evidenció que la utilización de herramientas didácticas —como manuales, pendones y folletos informativos— facilitó la comprensión del proceso y promovió la participación comunitaria en la transformación de residuos orgánicos en abono. En ese sentido, la experiencia respalda que la optimización del espacio y la funcionalidad técnica de los sistemas de compostaje deben ir acompañadas de procesos de comunicación y formación que garanticen su sostenibilidad social y ambiental.

Sostenibilidad en la producción de abono

La sostenibilidad constituye el eje central de la propuesta. La elaboración de bocashi a partir de residuos orgánicos locales responde a una estrategia que busca

simultáneamente beneficios ambientales, sociales y económicos. En el plano ambiental, el uso de residuos como la equinaza o restos vegetales disminuye la presión sobre los vertederos y evita emisiones de gases de efecto invernadero, al tiempo que mejora la fertilidad y estructura del suelo. Este aporte coincide con lo señalado por González y Pérez (2020), quienes subrayan que el bocashi no solo aporta nutrientes de liberación lenta, sino que también promueve la biodiversidad microbiana y la resiliencia del suelo frente a la degradación.

En términos sociales, la iniciativa favorece la soberanía alimentaria de las familias campesinas, pues permite obtener alimentos más sanos a bajo costo y fortalece la autonomía de los hogares frente a la compra de insumos externos. Además, genera conocimiento práctico transferible, que puede ser replicado en otros contextos rurales, ampliando así el alcance del impacto positivo.

Desde el punto de vista económico, la producción de abono orgánico representa una estrategia eficaz para disminuir los gastos asociados a la compra de fertilizantes químicos, los cuales suelen constituir una carga significativa dentro del presupuesto agrícola, especialmente en pequeños productores. Como señalan Félix-Herrán et al. (2008), la agricultura orgánica promueve el aprovechamiento de los residuos disponibles en el hogar y en las fincas para transformarlos en humus de alta calidad, lo que no solo enriquece el suelo, sino que, además, reduce

la dependencia de insumos externos. Este proceso, al basarse en recursos locales y en la acción de microorganismos como bacterias, hongos y actinomicetos, permite obtener un abono estable y con alto contenido de nutrientes y microorganismos beneficiosos. En este sentido, el bocashi puede comprenderse no solo como una alternativa ecológica, sino también como una herramienta práctica de mejora económica y social para territorios rurales como el municipio del Líbano, donde la agricultura constituye la base fundamental de la subsistencia familiar.

Aceptación de la comunidad beneficiaria

Las entrevistas realizadas a los miembros de la comunidad rural mostraron una alta aceptación de la iniciativa. Los productores valoraron no solo la reducción de gastos asociada al uso de fertilizantes, sino también la oportunidad de aprovechar residuos domésticos y pecuarios que en muchos casos eran considerados desechos sin valor. Asimismo, la posibilidad de producir alimentos más saludables para el consumo familiar generó una percepción positiva en torno a la implementación del bocashi. Estos hallazgos coinciden con los planteamientos de Montes de Oca Munguia et al. (2021), quienes destacan que la adopción de innovaciones agrícolas sostenibles depende, en gran medida, de la percepción de beneficios económicos y sociales por parte de las comunidades.

Discusión

El aprovechamiento de residuos orgánicos para la elaboración de abonos representa una estrategia que integra dimensiones ambientales, sociales y económicas, y que responde a los retos actuales de la agricultura sostenible. En primer lugar, desde una perspectiva ambiental, transformar los residuos en insumos agrícolas permite evitar su disposición en vertederos, lo que contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente metano, uno de los compuestos con mayor potencial de calentamiento global. Según la FAO (2021), este tipo de prácticas no solo reducen la presión sobre los ecosistemas, sino que además fortalecen la resiliencia climática de los sistemas agrícolas al disminuir su dependencia de fertilizantes químicos derivados de combustibles fósiles.

De igual manera, el uso de abonos orgánicos como el bocashi mejora significativamente las propiedades físicas y químicas del suelo. González y Pérez (2020) destacan que, al incrementar la materia orgánica, se favorece la retención de agua y se reduce la erosión, aspectos cruciales para el mantenimiento de la productividad en suelos que han sufrido procesos de degradación. Estos beneficios son particularmente relevantes en territorios como el Líbano, Tolima, donde la presión agrícola y las condiciones climáticas pueden afectar negativamente la capacidad productiva de los suelos si no se adoptan prácticas de manejo sostenible.

Desde una perspectiva biológica, la aplicación de abonos orgánicos desempeña un papel fundamental en el enriquecimiento de la biodiversidad microbiana del suelo. Estos aportes favorecen la proliferación de bacterias, hongos, micorrizas y actinomicetos, organismos que intervienen de manera directa en la descomposición de la materia orgánica y en la liberación gradual de nutrientes esenciales para los cultivos. De acuerdo con Félix-Herrán et al. (2008), los abonos orgánicos constituyen una fuente estable de materia orgánica que estimula la actividad de microorganismos benéficos, incrementando la capacidad del suelo para sostener sistemas productivos más equilibrados y sostenibles. Esta mayor diversidad microbiana se traduce en plantas más resistentes frente a plagas y enfermedades, además de cultivos con mejor calidad nutricional. En este sentido, el bocashi no solo aporta fertilidad inmediata, sino que también genera un efecto multiplicador en la regeneración de los ecosistemas agrícolas, contribuyendo al fortalecimiento de la resiliencia y a la sostenibilidad de los sistemas rurales.

Por otra parte, no puede pasarse por alto la dimensión social y comunitaria de este tipo de iniciativas. El aprovechamiento de residuos domésticos y pecuarios mediante la producción de

abonos orgánicos fortalece la cultura de la sostenibilidad en las comunidades rurales y promueve un modelo de economía circular, donde los desechos dejan de ser un problema y se convierten en recursos productivos. Esto coincide con lo señalado por Montes de Oca Munguia et al. (2021), quienes subrayan que la adopción de innovaciones agrícolas sostenibles depende de su percepción de utilidad práctica, de su facilidad de implementación y de los beneficios tangibles que generan en la vida cotidiana de los productores.

Finalmente, al vincular esta práctica con la Agenda 2030, se refuerza su pertinencia global. La producción de bocashi contribuye de forma directa al cumplimiento de los ODS, especialmente al ODS 2 (Hambre cero) y al ODS 13 (Acción por el clima). No obstante, también impacta indirectamente otros objetivos, como el ODS 12 (Producción y consumo responsables), al fomentar el uso eficiente de los recursos, y el ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres), al mejorar la calidad y biodiversidad de los suelos. En este contexto puede comprenderse que el bocashi trasciende la función de ser un simple abono y se convierte en una herramienta integral de transformación rural que responde tanto a las necesidades locales como a las exigencias globales de sostenibilidad.

4. CONCLUSIONES

La producción y utilización del abono tipo bocashi desde los ensayos con el semillero hasta la replicación con las comunidades del sector rural del municipio del Líbano, muestra con claridad un modelo de agricultura tipo sostenible, adecuado para minifundios con avances a grandes explotaciones, resiliente, gran colaborador con la disminución del impacto ambiental y, sobre todo, la contribución a la seguridad alimentaria y a la producción agrícola a nivel mundial, metas que son respaldadas por los organismos internacionales (FAO, 2021; González y Pérez, 2020).

Aumento en la biodiversidad microbiana: la elaboración del abono tipo bocashi permite diversificación microbiana importante que contribuye no solo con la degradación de residuos, sino que mejora la estructura del suelo, promoviendo muchos más microorganismos benéficos para los cultivos.

Disminución en la utilización de fertilizantes químicos: con la utilización del abono se reduce la aplicación de fertilizantes procesados que no solo afectan la microbiota del suelo, sino que además contaminan las aguas de escorrentía y nivel freático que puede ser aprovechada por los habitantes del sector rural.

Adecuado procesamiento de residuos orgánicos: este ejercicio permite que todos los residuos que aportan a la contaminación sean convertidos en un insumo indispensable en las explotaciones agrícolas, evitando no solo que afecten a la comunidad, sino que sean hospedadores de otros tipos de plagas que pueden afectar la vida de humanos y animales.

Impacto económico benéfico: no solo se establecen los beneficios ambientales, la reducción de costos en la adquisición de fertilizantes permite el aumento en la rentabilidad en las fincas y la disminución en el costo de la canasta familiar en las familias que implementan este ejercicio acompañado del establecimiento de huertas caseras.

Aporte indispensable a la agricultura sostenible: fomenta la cultura de la agricultura sostenible, apuntando a la contribución de los ODS, en especial al ODS 2 (Hambre cero) y al ODS (13 acción por el clima).

Limitaciones del estudio: este estudio se desarrolló de manera local, e incluyó un número limitado de lotes o parcelas experimentales y un solo tipo de cultivo verificado (cilantro). Por ello, las condiciones evaluadas pueden restringir la generalización de los resultados, teniendo

en cuenta que se pueden presentar otros contextos agroecológicos que podrían tener mucha más extensión.

Líneas futuras de investigación: es posible la ampliación de esta investigación, teniendo en cuenta temas importantes como:

- Evaluación del bocashi en variedad de especies agrícolas
- Análisis de largo plazo de la mejora de la fertilidad y estructura del suelo
- Caracterización microbiológica del abono y la interacción de este con diversos tipos de suelos.
- Análisis socioeconómico de la comunidad que desarrolla la aplicación del abono tipo bocashi.



AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento especial a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) y a los grupos de investigación Inyumacizo e Infancias, Educación y Diversidad de Zona Sur, por su apoyo indispensable en la realización de este proyecto. A los estudiantes pertenecientes a los semilleros Ruralidad, Ambiente y Sostenibilidad (RAS) y Ágora por su importante contribución al desarrollo en el trabajo de campo.

Agradecimientos también a la comunidad rural del Líbano que desde las entrevistas contribuyó a la identificación de necesidades indispensables como los costos de fertilizantes para la producción agrícola.

A los actores de la Universidad, estudiantes, docentes, egresados que al observar el ejercicio han contribuido económicamente para la elaboración del abono y quienes han aportado sus conocimientos desde sus ejercicios para poder mejorar cada vez más esta pequeña producción.

REFERENCIAS

- Aguirre-Elías, R. Y., Cáceres-Ascencio, C. E. y González Romero, C. H. (2011). *Diseño de una planta de compostaje para la micro región Centro y Sur del departamento de Ahuacha*. Repositorio UES. <https://repositorio.ues.edu.sv/items/61b3e4ca-c21e-402a-ae62-5275654532d0>
- Alcaldía Municipal del Líbano. (2023). Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos — Líbano, Tolima (PGIRS).
- Alcaldía Municipal del Líbano (s.f.). Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) — Líbano, Tolima. Repositorio municipal / Repositorio ESAP.
- Castro, L., Murillo, M., Uribe, L. y Mata, R. (2015). Inoculación al suelo con *pseudomonas fluorescens*, *azospirillum oryzae*, *bacillus subtilis* y microorganismos de montaña (mm) y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v39s1/0377-9424-ac-39-s1-00021.pdf>
- Estay-Niculcar, C. A., Pastor-Collado, J. A. & Gracia-Villar, S. (2004). Action-researching with the PMBOK® guide. Paper presented at PMI® Research Conference: Innovations, London, England. Newtown Square, PA: Project Management Institute. https://www.researchgate.net/publication/255728057_Action-Researching_with_the_PMBOKR_Guide
- Fandiño, G. y Gutiérrez, S. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de compostaje como alternativa en la transformación y utilización de los residuos sólidos orgánicos en la Fundación Manantial de Paz y Esperanza del municipio de Macanal (Boyacá)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, Programa de Ingeniería Ambiental]. Macanal, Boyacá.
- Félix-Herrán, J. A., Sañudo-Torres, R. R., Rojo-Martínez, G. E., Martínez- Ruiz, R. y Olalde-Portugal, V. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Revista Ra Ximhai*, 4(1), 57-67. Universidad Autónoma Indígena de México. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46140104>
- González, L. y Pérez, R. (2020). *Agricultura sustentable y manejo de residuos orgánicos: El abono bocashi en la producción agrícola*. Editorial Agroverde.

- Jordán, F. y Pizarro M. (2020). *Elaboración de abono tipo bocashi a partir de residuos orgánicos de origen doméstico y de actividad agropecuaria*. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/10557>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Colombia) / Economía Circular. (2022). *Guía Nacional para la adecuada gestión de residuos / GTC-24 y resoluciones vinculadas*. <https://economiecircular.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/06/guia-nacional-para-la-adecuada-gestion-de-residuos-colombia-2022.pdf>. Economía Circular
- Montes de Oca Munguia, O., Pannell, D. J. & Llewellyn, R. (2021). Understanding the Adoption of Innovations in Agriculture: A Review of Selected Conceptual Models. *Agronomy*, 11(1), 139. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010139>
- Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://sdgs.un.org/es/2030agenda>
- Nágera, C. y Paredes, B. (2017). *Identidad e identificación: investigación de campo como herramienta de aprendizaje en el diseño de marcas*. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n10.1.2017.465>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2014). *Manual de Compostaje del Agricultor*. <https://www.fao.org/4/i3388s/i3388s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2021). *Alimentación y agricultura sostenibles. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/sustainability/es>
- Ramos, D. y Terry, E. (2014). *El abono orgánico y su importancia en la sostenibilidad agrícola*. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193232493007.pdf>
- Spink, P. (2007). *Replanteando la investigación de campo: relatos y lugares*. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 17(50), 561-574. <https://www.redalyc.org/pdf/705/70505006.pdf>
- Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) — Universidad Nacional de Colombia (Contrato Interadministrativo 369). *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a pequeña escala (compostaje y lombricultura)*. https://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf



Licencia de Creative Commons

Revista Working Papers ECAPMA is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Fecha de recibido: 11-02-2025

Fecha de aceptado: 09-09-2025

EVALUACIÓN DENSIDADES DE SIEMBRA DE CANAVALIA (CANAVALIA ENSIFORMIS) SOBRE EL CRECIMIENTO Y CONTENIDO DE NITRÓGENO

EVALUATION OF PLANTING DENSITIES OF CANAVALIA (CANAVALIA ENSIFORMIS) ON GROWTH AND NITROGEN CONTENT

Dayro Enrique Cortés Martínez

Esp. en Educación Superior a Distancia

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) – ECAPMA

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2261-3778>

dayro.cortes@unad.edu.co

Diana Milena Torres Novoa

Médico Veterinario Zootecnista

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) – ECAPMA

Grupo de investigación CAZAO

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3394-7914>

milena.torres@unad.edu.co

Citación: Cortés Martínez, D.E., Torres Novoa, D.M. (2025). Evaluación densidades de siembra de canavalia (*Canavalia Ensiformis*) sobre el crecimiento y contenido de nitrógeno. *Working Papers ECAPMA*, 9, 159-175.
<https://doi.org/10.22490/ECAPMA.9140>



RESUMEN

- **Contextualización:** La *Canavalia ensiformis* pertenece a la familia fabácea, presenta rápido desarrollo, buena producción de biomasa y se adapta a condiciones deficientes de fertilidad y humedad.
 - **Vacío de conocimiento:** la implementación masiva de fertilizantes nitrogenados ha traído como consecuencia, lo que se denomina flujo de nitrógeno no utilizado, frente a este panorama, se pretenden disminuir el uso de estos fertilizantes y una de las alternativas es la implementación de abonos verdes de especies vegetales, que sean eficientes en la transformación de los recursos en biomasa como la *Canavalia ensiformis*.
 - **Propósito:** evaluar diferentes densidades de siembra de *Canavalia ensiformis*, sobre las variables, altura de las plantas, peso verde y seco, y contenido de nitrógeno.
 - **Metodología:** se realizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y diez repeticiones. Se establecieron cuatro densidades de 83.250, 66.600, 55.248 y 47.286 plantas por hectárea.
 - **Resultados y conclusiones:** la altura de las plantas en el tratamiento con mayor densidad fue de 74,6 cm, significativamente menor que los demás tratamientos ($p < 0,05$), sin embargo, el peso verde y seco fue mayor en el tratamiento más denso con valores de 25,4 ton/ha, y 6,8 ton/ha, respectivamente. El mayor contenido de nitrógeno se registró en el tratamiento con mayor densidad donde se reportan 221 kg/ha, respecto a los tratamientos menos densos, los cuales no superaron las 184 ton/ha. Los resultados de este estudio subrayan la importancia de optimizar la densidad de siembra para maximizar la producción de biomasa fresca en *Canavalia ensiformis* y el aporte de nutrientes al suelo.
- Palabras Clave:** biomasa, leguminosa, follaje, nutrición de las plantas.

ABSTRACT

Contextualization: *Canavalia ensiformis*, belongs to the Fabaceae family, has rapid development, good biomass production and adapts to poor fertility and humidity conditions.

Knowledge gap: The massive implementation of nitrogen fertilizers has brought about what is called unused nitrogen flow. Faced with this situation, the aim is to reduce the use of these fertilizers and one of the alternatives is the implementation of green fertilizers from plant species that are efficient in transforming resources into biomass, such as *Canavalia ensiformis*.

Purpose: To evaluate different planting densities of *Canavalia ensiformis* on the variables plant height, green and dry weight, and nitrogen content.

Methodology: A completely randomized design was used with four treat-

ments and 10 replications. Four densities of 83,250, 66,600, 55,248 and 47,286 plants per hectare were established.

Results and conclusions: Plant height in the highest density treatment was 74.6 cm, significantly lower than the other treatments ($p < 0.05$); however, green and dry weight were higher in the densest treatment with values of 25.4 ton/ha and 6.8 ton/ha respectively. The highest nitrogen content was recorded in the highest density treatment, where 221 kg/ha was reported, compared to the less dense treatments, which did not exceed 184 ton/ha. The results of this study underline the importance of optimizing planting density to maximize fresh biomass production in *Canavalia ensiformis* and nutrient input to the soil.

Keywords: biomass, legume, foliage, plant nutrition.

1. INTRODUCCIÓN

El nitrógeno es uno de los elementos fundamentales para la producción agrícola en el mundo, ya que interviene en los procesos fisiológicos vitales como la producción de aminoácidos y proteínas, de gran importancia en la actividad celular y como componentes del ADN, el nitrógeno hace parte de la clorofila, compuesto que transforma la energía lumínica en energía química, dentro del metabolismo de las plantas (Pérez, 2014). Durante miles de años, la demanda de nitrógeno por parte de la producción agrícola, no fue un problema; sin embargo, la reducción de la disponibilidad de nitrato en el suelo a principios del siglo XX impulsó el desarrollo de tecnologías que de forma industrial transformarían el nitrógeno atmosférico en amoníaco líquido, y disponible para la industria agrícola (Morales-Morales et al., 2019). Este avance tecnológico no solo permitió la sostenibilidad de la agricultura, sino que hizo parte fundamental de la revolución verde que se gestó entre los años 1940 y 1960 y que sigue siendo base de la agricultura hoy en día (Gutiérrez, 2020). A pesar de ello, la implementación masiva de fertilizantes nitrogenados ha traído como consecuencia lo que se denomina flujo de nitrógeno no utilizado, el cual es 300 veces

más contaminante que el dióxido de carbono (Montenegro, 2020).

Frente a este panorama, la agricultura orgánica ha venido constituyéndose en un movimiento que está tomando fuerza en las distintas cadenas de producción en el mundo, las prácticas de agricultura orgánica pretenden disminuir el uso de fertilizantes nitrogenados en sus procesos de producción, reduciendo también su huella de carbono (Soto, 2020) y una de las alternativas que toma fuerza, en la implementación de abonos verdes, que mejoren las condiciones biológicas de los suelos, incentivando la colonización de microorganismos que de forma natural permiten que los nutrientes en el suelo queden disponibles para las plantas (Soto, 2020).

La producción de abonos verdes requiere de especies vegetales, que sean eficientes en la transformación de los recursos en biomasa, y que evolutivamente presente simbiosis con diferentes microorganismos que sean eficientes en la fijación de nutrientes en el suelo (Castro-Rincón et al., 2018). De acuerdo con lo anterior, el estudio encuentra en la *Canavalia ensiformis*, a una planta de la familia fabácea, que presenta un rápido desarrollo, una buena producción de

biomasa y cuyo comportamiento es bueno incluso bajo condiciones deficientes de fertilidad y humedad (Ojeda-Quintana et al., 2019), lo que la convierte en una especie interesante para el desarrollo de abonos verdes. Es así como esta investi-

gación se propuso evaluar el efecto de la densidad de siembra, sobre el desarrollo y los contenidos de nitrógeno en la biomasa de canavalia, con el fin de estimar los aportes de nitrógeno de esta especie como abono verde.

2. METODOLOGÍA

Localización de estudio. Esta investigación se realizó en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) - CEAD Acacías, a una altura de 498 m s. n. m. con una temperatura promedio de 24 °C, precipitación anual de 2814 mm en un régimen de lluvias unimodal (Alcaldía Municipal de Acacías, 2023).

Modelo de estudio. Se realizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y diez repeticiones, para un total de 40 unidades experimentales. Se establecieron cuatro parcelas de 3 x 15 m cada una, con densidades de 83.250, 66.600, 55.248 y 47.286 plantas por hectárea, la unidad experimental fue la planta y las variables de respuestas fueron la altura y el peso del follaje, tanto fresco como seco, con estos valores se estimaron los contenidos de nitrógeno por el método de Kjeldahl para cada tratamiento.

Variable de crecimiento de la canavalia. Durante el desarrollo del cultivo, se tomaron registros de altura a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra, seleccionando al azar diez plantas del surco central de cada tratamiento, a las cuales se les tomó la distancia en centímetros desde el suelo hasta el ápice terminal de la hoja, sin estirla.

Variable de biomasa de la canavalia. Para la estimación de la biomasa, a los

60 días después de la siembra, se tomaron las plantas del surco central de cada tratamiento, se cortaron las plantas a 10 cm del suelo y se registró el peso de cada planta, estableciendo el promedio del peso verde por planta, el cual se multiplicó por el número de plantas por hectárea en cada tratamiento para estimar los valores por hectárea, en esta investigación se trabajó con el follaje de las plantas. Para la estimación del peso seco por hectárea, se tomaron muestras de 300 g de materia verde, para cada tratamiento, las cuales fueron secadas al horno y pesadas, para estimar la proporcionalidad entre el peso verde y seco y de esta forma estimar el peso seco por hectárea. Para reducir el efecto de borde, las plantas evaluadas se seleccionaron de forma aleatoria en el surco Canavalia – nitrógeno 20 central, se tomaron los datos de diez plantas por tratamiento, se les aplicó análisis de varianza Anova y prueba de Duncan ($p < 0,05$) bajo el paquete estadístico SPSS de IBM.

Variable de nitrógeno. La estimación del nitrógeno se realizó en el laboratorio de química de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), en el CEAD de Acacías, con el equipo automatizado de estimación bajo el método Kjeldahl (Sáez Plaza et al., 2019).

3. RESULTADOS

Crecimiento en altura de las plantas de canavalia (*Canavalia ensiformis*) bajo diferentes densidades de siembra

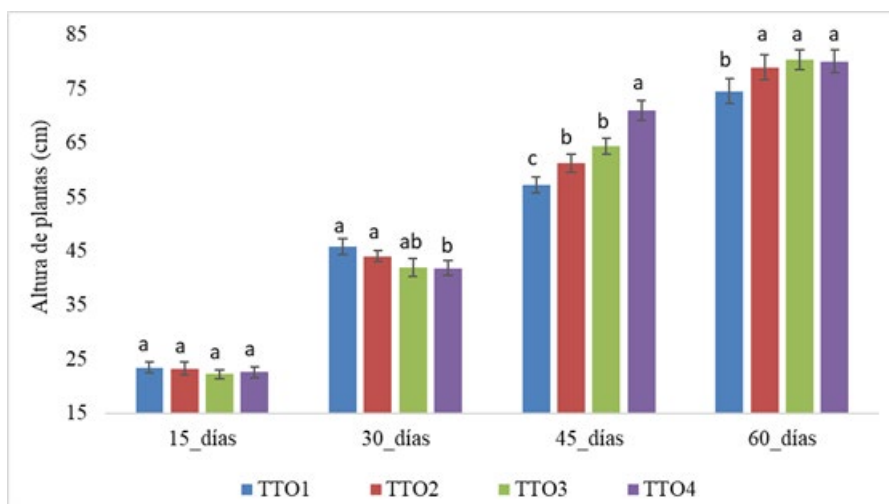
El crecimiento en altura de las plantas de canavalia durante los primeros 15 días después de la siembra, estuvo alrededor de los 23 cm, y no presentó diferencias significativas entre las densidades de siembra ($p>0,05$).

A los 30 días después de la siembra, la altura en los tratamientos 1 y 2 con promedios de 45,8 y 44,1 cm presentaron diferencias significativas ($p<0,05$) respecto del tratamiento 4 con una altura promedio de 41,9 cm, el cual es menos denso.

A los 45 días después de la siembra, el tratamiento 4 registró el promedio más alto, con una altura promedio de 71 cm,

siendo significativamente diferente a los demás tratamientos, los cuales registraron alturas inferiores a 64,4 cm ($p<0,05$). Al tener un mayor espacio por planta, las plantas no tienen que competir tan pronto por los nutrientes y la luz, como sucedió a los 30 días después de la siembra en los tratamientos más densos; por lo tanto a medida que se van cerrando las calles, estas diferencias en altura se van reduciendo y al final del ciclo, 60 días después de la siembra, en los tres tratamientos con menor densidad, las plantas presentaron alturas superiores a los 79 cm, presentando diferencias significativas respecto del tratamiento que fue sembrado a mayor densidad ($p<0,05$), como se aprecia en la figura 1.

► **Figura 1.** Altura promedio de las plantas de *Canavalia ensiformis*, según la densidad de siembra, a los 15, 30, 45 y 60 días después de la siembra

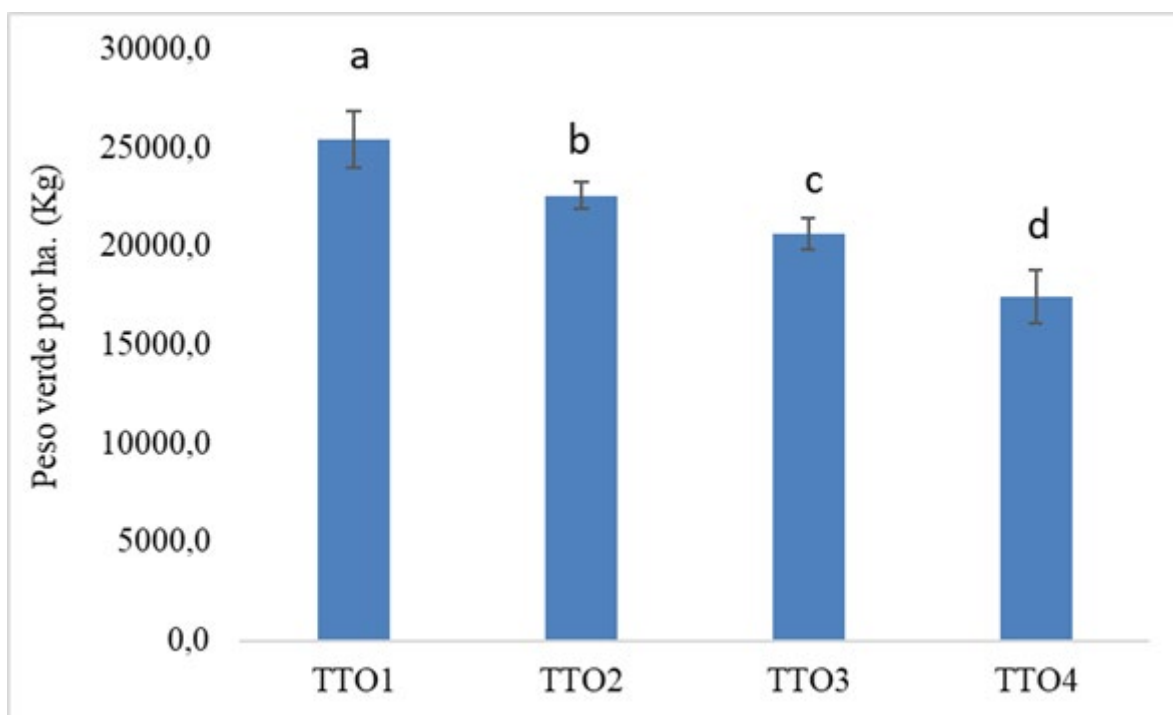


Biomasa aportada por el follaje de las plantas de canavalia (*Canavalia ensiformis*) bajo diferentes densidades de siembra

La biomasa fresca de *Canavalia ensiformis* establecida como el peso verde

por hectárea presenta diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), presentando 20 % más de plantas por unidad de área para el tratamiento 1 y decreciendo sostenidamente en los tratamientos con menor densidad de siembra (Figura 2).

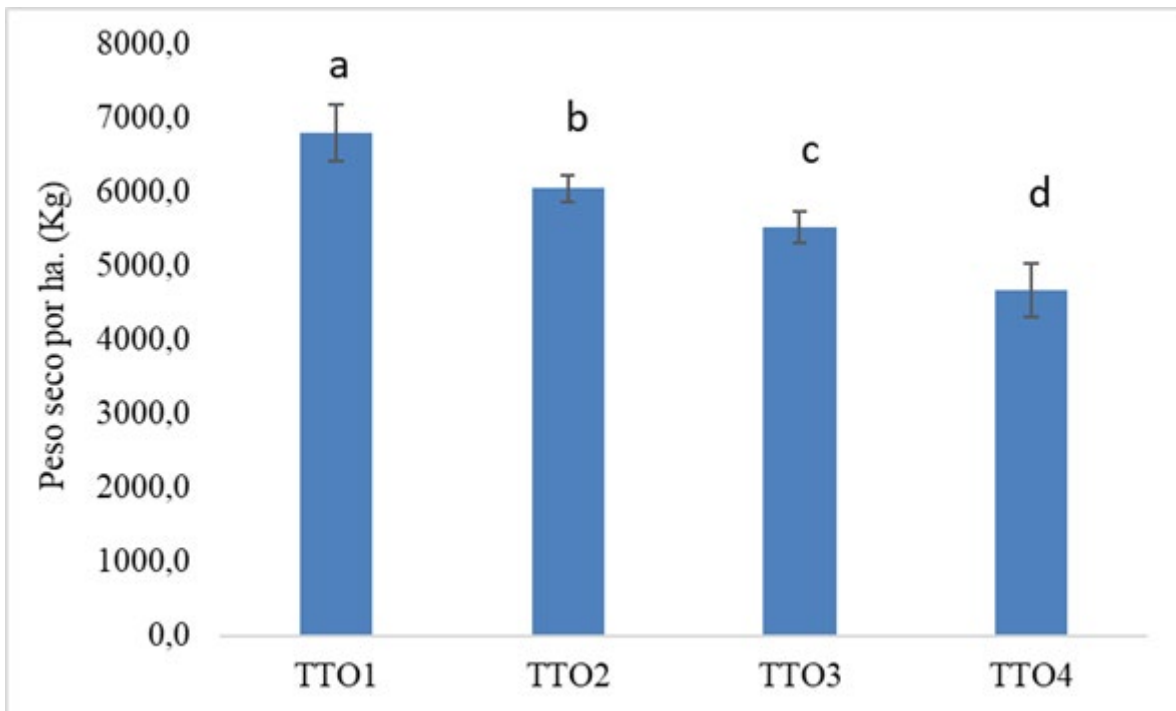
► **Figura 2.** Peso verde en kilogramos por hectárea del follaje de *Canavalia ensiformis* a diferentes densidades de siembra



Los resultados de la variable peso seco presentan diferencias significativas ($p < 0,05$). La cantidad de materia seca es relevante, ya que con estos se estimaron los contenidos de nitrógeno que puede

aportar el follaje de canavalia como abono verde. Los resultados de materia seca obtenidos en este trabajo sugieren que el mejor tratamiento con 6,8 ton/ha fue el de mayor densidad (Figura 3).

► **Figura 3.** Peso seco en kilogramos por hectárea del follaje de *Canavalia ensiformis*, a diferentes densidades de siembra

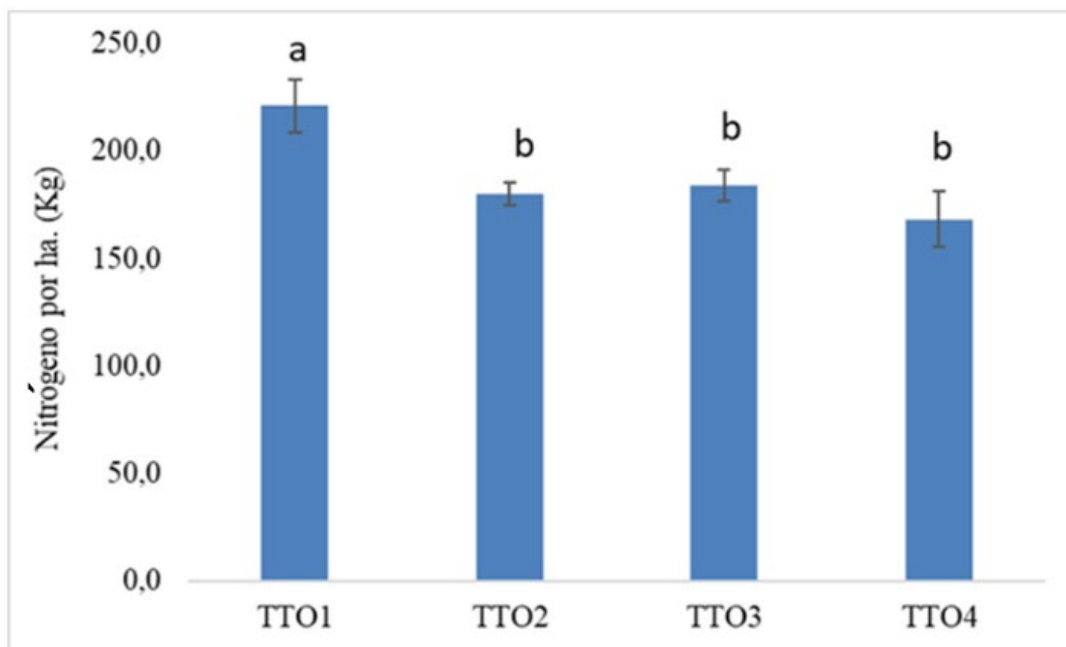


Contenidos de nitrógeno en la biomasa de las plantas de canavalia (*Canavalia ensiformis*) bajo diferentes densidades de siembra

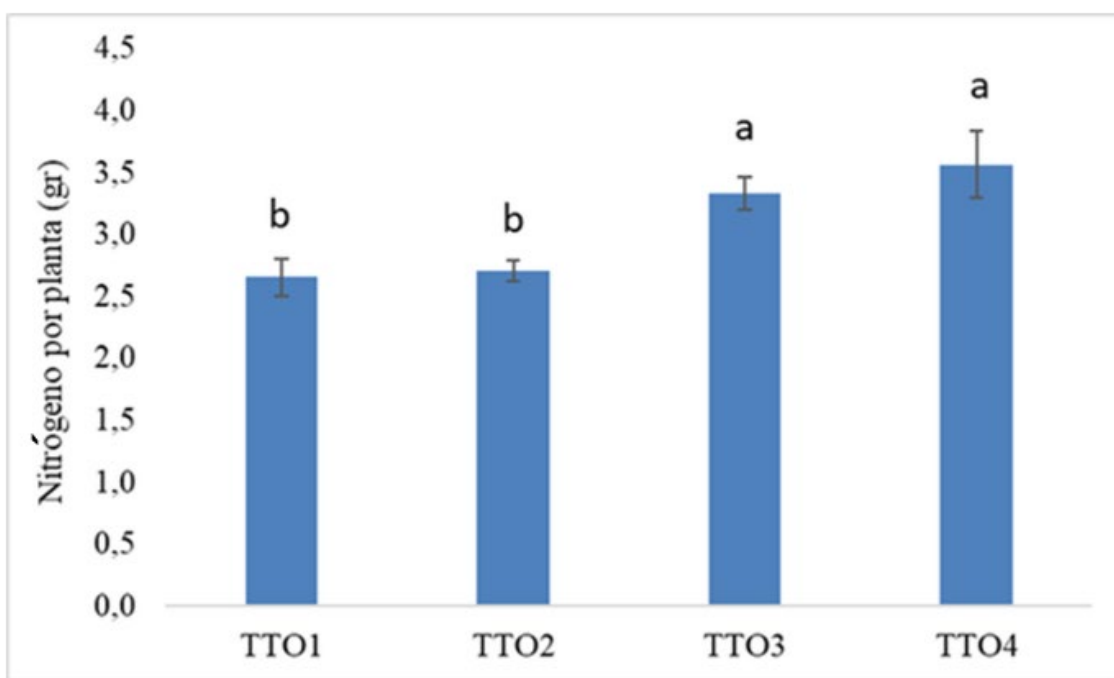
La cantidad de kilogramo de nitrógeno por hectárea, nos indica que el tratamiento con mayor densidad de siembra fue el que más nitrógeno registró, con 221 kg/ha (Figura 4), con diferencias significativas ($p < 0,05$), respecto de las otras densidades, las cuales registraron valores entre 168 y 184 kg/ha, sin diferencias significativas entre los tratamientos 2, 3 y 4 ($p > 0,05$).

Si analizamos la cantidad de materia seca registrada para cada tratamiento y la comparamos con los contenidos de nitrógeno se puede observar que, si bien el tratamiento con más materia seca registró más nitrógeno, el costo de incrementar esa materia seca, medido en un mayor número de semillas, insumos y manejos agronómicos, aumenta el valor por unidad de nitrógeno, lo que sugiere que el contenido de nitrógeno por planta, en los tratamientos menos densos, es superior en comparación con el tratamiento de mayor densidad (Figura 5).

► **Figura 4.** Contenido de nitrógeno en kilogramos por hectárea del follaje de *Canavalia ensiformis*, a diferentes densidades de siembra



► **Figura 5.** Contenido de nitrógeno en gramos por planta de *Canavalia ensiformis*, a diferentes densidades de siembra



4. DISCUSIÓN

El crecimiento en altura de las plantas de canavalia durante los primeros 15 días después de la siembra, no presentó diferencias significativas entre las densidades de siembra ($p < 0,05$), esto puede ser atribuido a la calidad de la semilla, ya que, en las primeras etapas de desarrollo de las plántulas, estas son alimentadas principalmente por las reservas nutricionales almacenadas en los cotiledones de las semillas, por lo tanto, no manifiestan el posible efecto de los tratamientos (Flores et al., 2018).

Sin embargo, a los 30 días después de la siembra se evidenció que a mayor densidad mayor altura de las plantas, este fenómeno puede estar asociado a la competencia por espacio en los tratamientos más densos, lo que ocasiona en los estratos inferiores una mayor proporción de luz rojo lejano, afectando la actividad del fitocromo, que se expresa por un incremento en la longitud de los entrenudos y, por consiguiente, en la altura de la planta (Lagunes-Fortiz et al., 2021).

En un estudio realizado por Lagunes-Fortiz et al. (2021) con *Phaseolus lunatus*, se encontró que las plantas cultivadas en densidades bajas alcanzaron mayores alturas, debido a la menor competencia por luz y nutrientes, un patrón que también se refleja en *Canavalia ensiformis*. Estos resultados refuerzan la

idea de que la densidad de siembra influye directamente en la morfología vegetal, especialmente durante las primeras fases del desarrollo.

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que la biomasa fresca de *Canavalia ensiformis*, medida como peso verde por hectárea, presenta diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0,05$). Específicamente, el tratamiento 1 mostró un incremento del 20 % en el número de plantas por unidad de área, en comparación con los tratamientos de menor densidad de siembra. Este hallazgo es consistente con estudios previos que han documentado la influencia de la densidad de siembra en la producción de biomasa en leguminosas como la *Crotalaria juncea*, con una producción de biomasa fresca de 22,8 ton/ha bajo densidades de siembra altas, similar a los resultados obtenidos con *Canavalia ensiformis* (25,4 ton/ha). Sin embargo, la biomasa seca de crotalaria fue menor (5,2 ton/ha), lo que sugiere que canavalia podría ser más eficiente en la acumulación de materia seca, posiblemente debido a su mayor tolerancia a condiciones de baja fertilidad y humedad (Rivera Espinosa et al., 2022).

La mayor biomasa observada en el tratamiento 1 puede atribuirse a una mejor competencia por recursos como luz,

agua y nutrientes, lo cual es crucial para el crecimiento óptimo de las plantas. En contraste, los tratamientos con menor densidad de siembra presentaron una disminución sostenida en la biomasa, lo que sugiere que una densidad subóptima puede limitar el aprovechamiento de los recursos disponibles (Renté Martí et al., 2020).

En línea con estos hallazgos, el mismo autor reportó que *Canavalia ensiformis* mostró un mejor desempeño en suelos con baja fertilidad en comparación con *Mucuna pruriens*, otra leguminosa utilizada como abono verde. Esto se debe a la capacidad de canavalia para adaptarse a condiciones de estrés hídrico y suelos pobres, lo que la hace una opción más versátil para sistemas agrícolas en regiones tropicales.

Es importante considerar que la variabilidad en la respuesta de *Canavalia ensiformis* a diferentes densidades de siembra también puede estar influenciada por factores ambientales y edáficos específicos del sitio de estudio (Renté Martí et al., 2018).

La mayor cantidad de nitrógeno registrada en el tratamiento con mayor densidad de siembra puede explicarse por la intensificación de la competencia por recursos, lo que lleva a una mayor absorción de nutrientes por parte de las plantas. Este fenómeno ha sido documentado en otros estudios, donde se ha observado que la competencia intraes-

pecífica puede mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes. Además, la densidad de siembra puede influir en la estructura del suelo y en la disponibilidad de nitrógeno, afectando así la absorción de este nutriente (García-López y Hernández, 2023).

Es relevante destacar que, aunque los tratamientos 2, 3 y 4 no mostraron diferencias significativas en la cantidad de nitrógeno por hectárea, los valores registrados (168-184 kg/ha) son indicativos de una absorción adecuada de nitrógeno en condiciones de menor densidad de siembra. Esto sugiere que, aunque la densidad de siembra es un factor crucial, otros factores, como la calidad del suelo, la disponibilidad de agua y la gestión de fertilizantes también juegan un papel importante en la absorción de nitrógeno (Chura et al., 2019).

En este sentido, Chura et al. (2019) reportaron que en *Vigna unguiculata*, densidades intermedias de siembra (60,000 plantas/ha) generaron un aporte de nitrógeno de 190 kg/ha, comparable a los tratamientos menos densos de canavalia (168-184 kg/ha). Sin embargo, canavalia mostró un mayor aporte de nitrógeno en densidades altas (221 kg/ha), lo que podría atribuirse a su capacidad de simbiosis eficiente con microorganismos fijadores de nitrógeno, lo que refuerza su potencial como abono verde en sistemas agrícolas tropicales.

El contraste con otras leguminosas resalta la ventaja competitiva de *Canavalia ensiformis* en términos de producción de biomasa, fijación de nitrógeno y adaptabilidad. Sin embargo, también subraya la necesidad de ajustar las densidades de siembra según los objetivos

específicos del sistema agrícola (biomasa, nitrógeno).

Además, la escalabilidad de estas prácticas a otras especies dependerá de factores como el clima, el tipo de suelo y las necesidades del cultivo sucesor.

5. CONCLUSIONES

En conclusión, en este estudio se destaca que a mayor densidad de siembra (83,250 plantas/ha) se generó la mayor producción de biomasa fresca (25,4 ton/ha) y seca (6.8 ton/ha), así como el mayor aporte de nitrógeno al suelo (221 kg/ha). Sin embargo, las plantas en densidades menores mostraron mayor altura y contenido de nitrógeno por planta, lo que sugiere que la elección de la densidad debe balancear los costos de insumos y el objetivo agronómico.

La densidad de siembra de *Canavalia ensiformis* representa una herramienta estratégica para agricultores y gestores

rurales interesados en mejorar la fertilidad del suelo y disminuir la dependencia de fertilizantes químicos. Esta práctica no solo promueve la sostenibilidad agrícola, sino que también contribuye a mitigar el impacto ambiental. Los resultados obtenidos en este estudio no solo respaldan la relevancia de optimizar la densidad de siembra en *Canavalia ensiformis*, sino que también abren nuevas posibilidades para aplicar estrategias similares en otras especies leguminosas, favoreciendo el desarrollo de sistemas agrícolas más sostenibles y resilientes.

6. RECOMENDACIONES

1. Para una mejor optimización de la densidad de siembra, se busca maximizar la producción de biomasa y el aporte de nitrógeno al suelo, se recomienda utilizar densidades altas (83.250 plantas/ha). Sin embargo, para sistemas con menos recursos, densidades intermedias pueden ser más rentables.
2. *La Canavalia ensiformis* es un cultivo ideal para mejorar la fertilidad del suelo en sistemas agrícolas orgánicos, especialmente en áreas con baja fertilidad y humedad; para ello es importante realizar análisis de suelo y ajustar la densidad de siembra según la disponibilidad de agua, nutrientes y espacio para evitar competencia excesiva entre plantas.
3. Es fundamental que los gestores de proyectos rurales implementen programas de formación dirigidos a los agricultores sobre el manejo agronómico de *Canavalia ensiformis*. Estos programas deben abarcar aspectos clave como las técnicas adecuadas de siembra, prácticas óptimas de cosecha y el aprovechamiento del follaje como abono verde, con el fin de maximizar los beneficios agroecológicos y productivos de este cultivo.

REFERENCIAS

- Alcaldía Municipal de Acacías. (2023). *Nuestro municipio*. <https://www.acacias.gov.co/>
- Castro-Rincón, E., Mojica-Rodríguez, J. E., Corulla-Fornaguera, J. E. & Lascano-Aguilar, C. E. (2018). Green legume fertilizers: integration in agricultural and livestock systems in the tropics. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 711-729. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.31612>
- Chura, J., Mendoza-Cortez, J. W. y de la Cruz, J. C. (2019). Dosis y fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra del maíz amarillo duro. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 117-128. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172019000200010
- Flores, P., Poggi, D., Garcia, S., Catraro, M. y Gariglio, N. (2018). Descripción de patrones normales y anormales de plántulas de *Juglans nigra*. *Revista Facultad de Ciencias Agrarias de Esperanza*, 17(2), 23-37. Vista de DESCRIPCIÓN DE PATRONES NORMALES Y ANORMALES DE PLÁNTULAS DE *Juglans nigra*
- García-López, D. y Hernández, R. A. (2023). Estudio de altas densidades de siembra en la producción de maíz (*Zea mays*) híbrido. *Revista Tecnología en Marcha*, 36(4), 160-168. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i4.6427>
- Gutiérrez, N. L. (2020). Revolución verde en los suelos agrícolas de México. Ciencia, políticas públicas y agricultura del maíz, 1943-1961. *Mundo agrario*, 21(47), 142. <https://doi.org/10.24215/15155994e142>
- Lagunes-Fortiz E., Villanueva-Verduzco, C., Lagunes-Fortiz, E. R., Zamora-Macorra, E. J., Ávila-Alistac, N. y Villanueva-Sánchez, E. (2021). La densidad de siembra en el crecimiento de la verdolaga. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(2), 317-329. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i2.2848>
- Montenegro, J. (2020). Efecto de diferentes fuentes de nitrógeno en la emisión de óxido nitroso en plantaciones de café en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), 111-130. <http://doi.org/10.15359/rca.54-2.6>
- Morales-Morales, E. J., Rubí-Arriaga, M., López-Sandoval, J. A., Martínez-Campos, A. R. y Morales-Rosales, A. J. (2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(8), 1875-1886. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1732>

- Ojeda-Quintana L. J., Rivera-Espinosa, R., González-Cañizares, P. J., de la Rosa-Capote, J. J., Arteaga-Rodríguez, O. y Hernández-Rodríguez, C. (2019). Efecto del abono verde de *Canavalia ensiformis* (L.) micorrizada en el cultivo sucesor *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone Cuba CT-169. *Pastos y Forrajes*, 42(4), 277-284. <https://www.redalyc.org/journal/2691/269162670004/html/>
- Pérez, J. P. (2014). *Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/74970>
- Renté Martí, O., Nápoles García, M. C., Pablos Reyes, P. y Vargas, B. B. (2018). Efecto de *Canavalia ensiformis* (L). En propiedades físicas de un suelo fluvisol diferenciado en Santiago de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 39(2), 59-64. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v39n2/ctr08218.pdf>
- Renté Martí, O., Pablos Reyes, P., Corrales Vila, Y., Cuevas Rodríguez, M., y Nápoles García, M. C. (2020). *Canavalia ensiformis* (L): en propiedades químicas de un suelo fluvisol diferenciado. *Revista Científica del Amazonas*, 3(6), 65-67. <https://revistadelamazonas.info/index.php/amazonas/article/view/39>
- Rivera Espinosa, R., Martín Alonso, G., Simó González, J., Joao, J. P., García Rubido, M., Tamayo Aguilar, Y., Bustamante González, C., González Cañizares, P. J., Ramírez Pedroso, J., Ruiz Martínez, L., Ojeda Quintana, L. y Hernández Jiménez, A. (2022). Bases y beneficios del manejo conjunto de *Canavalia ensiformis* e inoculantes micorrízicos en la producción agropecuaria. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 12(1). Epub 2022 Apr 11. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-01062022000100006&lng=es&tlng=es
- Sáez Plaza. P., García Asuero, A. y Martín Bueno, J. (2019). Una anotación sobre el método de Kjeldahl. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, 85(1), 14-19. <https://hdl.handle.net/11441/96406>
- Soto, G. (2020). El continuo crecimiento de la agricultura orgánica: Orgánico 3.0. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 215-226. <https://doi.org/10.15359/rca.54-1.13>



Licencia de Creative Commons

Revista Working Papers ECAPMA is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO A TRAVÉS DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TÉRMINO FIJO EN VACAS DE DOBLE PROPÓSITO EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ, SANTANDER

IMPLEMENTATION OF A GENETIC IMPROVEMENT PROGRAM THROUGH FIXED-TIME ARTIFICIAL INSEMINATION IN DUAL-PURPOSE COWS IN THE MUNICIPALITY OF VÉLEZ, SANTANDER

Magda Liliana Santoyo Ariza

Médica veterinaria zootecnista, MSc en Ciencias Veterinarias Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, CEAD Vélez Grupo de investigación CIDAGRO, semillero CeVel ORCID: 0000-0001-5656-409X magda.santoyo@unad.edu.co

Eduwin Darío Casas Carrillo Zootecnista Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, CEAD Vélez Grupo de investigación CIDAGRO, semillero CeVel ORCID: 0009-0007-8339-9473 edcasasc@unadvirtual.edu.co

Edwin González Patiño

Zootecnista Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, CEAD Vélez- Grupo de investigación CIDAGRO, semillero CeVel ORCID: 0009-0004-1758-6703 egonzalezpa@unadvirtual.edu.co

Citación: Santoyo Ariza, M., Casas Carillo, E., & González Patiño, E. (2025). Implementación de un programa de mejoramiento genético a través de la inseminación artificial a término fijo en vacas de doble propósito en el municipio de Vélez, Santander. *Working Papers ECAPMA*, 9(1), 176–189. <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.9150>



RESUMEN

Contextualización. La ganadería bovina es una actividad clave en la economía colombiana, con más de 29,5 millones de cabezas de ganado y una participación relevante en el empleo rural y en el PIB agropecuario (Fedegán, 2025). Sin embargo, gran parte del sector opera con bajos niveles de tecnificación, lo que limita su productividad y competitividad. En el departamento de Santander, la ganadería representa una fuente importante de ingresos, especialmente en sistemas de doble propósito (Finagro, 2022). A pesar de su potencial, predominan prácticas tradicionales con escasa adopción de tecnologías reproductivas y de mejoramiento genético. En el municipio de Vélez, la ganadería bovina es una de las principales actividades económicas rurales; no obstante, el modelo de producción poco tecnificado limita el desarrollo del hato, afectando la productividad, la calidad genética y la sostenibilidad. Esta situación plantea la necesidad de impulsar estrategias de fortalecimiento técnico, acceso a tecnologías e innovación para mejorar la eficiencia y el bienestar de los productores ganaderos.

Vacío de conocimiento. A pesar de los avances en biotecnología reproductiva, la adopción de la inseminación artificial a término fijo (IATF) es baja entre los pequeños productores locales, debido al desconocimiento y a mitos sobre su efectividad y aplicación.

Propósito. Implementar un programa de mejoramiento genético basado en la IATF para evaluar su impacto sobre la tasa de preñez y analizar su aplicabilidad técnica en sistemas de producción bovina a pequeña escala en el municipio de Vélez, Santander.

Metodología. Se seleccionaron 50 vacas para aplicar un protocolo de sincronización que incluyó el uso de un dispositivo intravaginal bovino (DIB) con progesterona, benzoato de estradiol (2 mg, IM), d-cloprostenol (150 mg, IM), gonadotrofina coriónica equina (450 UI, IM) y cipionato de estradiol (1 mg, IM). La inseminación se realizó a las 50–52 horas del retiro del DIB. Se efectuó el diagnóstico de preñez entre los días 35 y 45 posinseminación.

Resultados. Se alcanzó una tasa de preñez del 62 %, valor superior al promedio reportado para condiciones similares, lo que indica un impacto positivo en la eficiencia reproductiva del hato.

Conclusiones. La implementación de la IATF en pequeños sistemas de producción ganadera en Vélez es viable, rentable y eficaz, y representa una alternativa real para mejorar la productividad y el progreso genético del hato bovino en la región.

Palabras clave: biotecnología; reproducción; sincronización; protocolo.

ABSTRACT

Context: Cattle farming is a key activity in the Colombian economy, with more than 29.5 million head of cattle and significant contributions to rural employment and agricultural GDP (Fedegán, 2025). However, a large portion of the sector operates with low levels of technology adoption, which limits productivity and competitiveness. In the department of Santander, cattle farming is an important source of income, particularly in dual-purpose systems (Finagro, 2022). Despite its potential, traditional practices predominate, with limited use of reproductive and genetic improvement technologies. In the municipality of Vélez, cattle farming is one of the main rural economic activities; nevertheless, the low-tech production model restricts herd development, affecting productivity, genetic quality, and sustainability. This situation highlights the need to promote technical strengthening strategies, access to technologies, and innovation to improve efficiency and the well-being of cattle producers.

Knowledge gap: Despite advances in reproductive biotechnology, the adoption of fixed-time artificial insemination (FTAI) remains low among small-scale local producers due to lack of knowledge and persistent myths about its effectiveness and application.

Purpose: To implement a genetic improvement program based on FTAI to evaluate its impact on pregnancy rate and assess its technical applicability in small-scale cattle production systems in the municipality of Vélez, Santander.

Methodology: Fifty cows were selected to undergo a synchronization protocol that included the use of a bovine intravaginal device (DIB) with progesterone, estradiol benzoate (2 mg, IM), d-cloprostenol (150 mg, IM), equine chorionic gonadotropin (450 IU, IM), and estradiol cypionate (1 mg, IM). Insemination was performed 50–52 hours after DIB removal. Pregnancy diagnosis was carried out between days 35 and 45 post-insemination.

Results: A pregnancy rate of 62% was achieved, higher than averages reported under similar conditions, indicating a positive impact on reproductive efficiency.

Conclusions: The implementation of FTAI in small-scale cattle production systems in Vélez is feasible, cost-effective, and efficient, representing a real alternative to improve herd productivity and genetic progress in the region.

Keywords: biotechnology; reproduction; synchronization; protocol.

1. INTRODUCCIÓN

La economía rural del municipio de Vélez se basa principalmente en la explotación pecuaria con ganado bovino y en la actividad agrícola con cultivos de guayaba, seguida de caña de azúcar, café, cítricos, entre otros (Alcaldía Municipal de Vélez, s. f.). La economía urbana se caracteriza por ser el principal mercado de la zona, al cual acuden consumidores de varios municipios cercanos. Se comercializa ganado bovino en pie los días jueves y sábado; la leche se vende en crudo o transformada en derivados como queso, cuajada y arequipe, productos que suelen acompañarse para la degustación del bocadillo. Por este motivo, las fincas están conformadas por ganaderías de doble propósito, con la finalidad de mantener la oferta de ganado en pie y de leche en crudo.

La producción bovina es una de las principales fuentes de sostenibilidad económica y, a la vez, una de las más cuestionadas por el manejo extensivo que se da en muchos lugares del mundo. Por esta razón, se han adelantado investigaciones que proponen como solución la implementación de mejoramiento genético mediante el uso de inseminación artificial a término fijo (IATF), con el fin de obtener animales más productivos, de mayor rusticidad y con buen desempeño reproductivo a lo largo de su ciclo de

producción (Marizancén Silva y Artunduaga Pimentel, (s. f.).

Sin embargo, esta técnica requiere selección de animales para descartar aquellos que no cumplan con las características necesarias para el protocolo. Las hembras seleccionadas deben contar con un estado corporal óptimo, características fenotípicas acordes con el objetivo de mejoramiento y un historial genotípico compatible con la demanda de producción prevista para el hato.

Existen paradigmas y mitos que conducen al rechazo de la implementación de los protocolos de IATF. Ganaderos dedicados a la producción extensiva manifiestan que, al someter sus animales a estos procesos, se presentarán alteraciones en los próximos celos e, incluso, que las vacas no volverán a ciclar. Por tal razón, mediante procesos de capacitación y charlas se busca promover la adopción de estos protocolos en las fincas, con el fin de obtener un pie de cría de mayor valor genético y productivo y, en consecuencia, mayores ingresos para los hatos.

Para alcanzar este propósito, se lleva a cabo la selección de hembras bovinas mediante chequeo reproductivo y control sanitario, garantizando que los animales sean aptos para el procedimiento.



Posteriormente, se ejecutan protocolos de sincronización e IATF, asegurando la correcta aplicación de las técnicas reproductivas, como lo detallan Villa et al., (2007). Finalmente, se evalúa el porcentaje de preñez de las hembras inseminadas a través de palpación rectal y/o ultrasonografía, lo que permite medir la efectividad del programa.

El proyecto de implementación del programa de mejoramiento genético a través de la inseminación artificial fue el resultado de una alianza estratégica entre la Asociación de Ganaderos de la Provincia de Vélez (ASOGANAVEL), la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA) y la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación

El proyecto se desarrolló en el municipio de Vélez, en 15 fincas ganaderas de las veredas Abisinia, El Gaital, La Capilla y El Amarillo. Las fincas presentaron información heterogénea, debido a la variabilidad en condiciones sanitarias, instalaciones, manejo y número de animales intervenidos.

Vélez está ubicado en el sur del departamento de Santander (Colombia). La cabecera municipal se encuentra a una altitud aproximada de 2.150 m s. n. m., con una temperatura media de 19 °C. Geográficamente, se sitúa en las coordenadas 6.0111° de latitud norte y 73.6742° de longitud oeste. Presenta un clima templado-húmedo, con precipitación media anual cercana a 1.800 mm, distribuida principalmente durante las dos temporadas de lluvias del año. Estas condiciones climáticas favorecen diversas actividades agropecuarias, entre ellas la ganadería de doble propósito.

2.2. Población

Se seleccionaron 50 hembras bovinas sanas de las razas Gyrolando, Ayrshire, Normando y mestizas, pertenecientes a sistemas de doble propósito típicos de pequeños productores del municipio de Vélez, Santander. Estos animales se

manejan en sistemas de pastoreo extensivo, con gramíneas predominantes como pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), complementadas en algunos casos con forrajes de corte como pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) y residuos agrícolas disponibles localmente. Para la inclusión en el programa se realizó un chequeo reproductivo mediante palpación rectal y ecografía. Adicionalmente, los animales fueron seleccionados con base en criterios como edad entre 3 y 8 años; número de partos mínimo: 1 (incluyendo vacas multíparas); al menos 45 días posparto; y condición corporal entre 2,5 y 3,5, según la escala propuesta por Lowman et al., (1976). Todas las hembras seleccionadas fueron desparasitadas con un antiparasitario de amplio espectro y recibieron un multivitamínico a base de fósforo y selenio, con el propósito de obtener mejores resultados.

2.3. Tratamiento

2.3.1. Sincronización

El protocolo de sincronización para IATF comprendió un período de 9 días, como se muestra en la Figura 1.

Día 0: inserción del dispositivo intravaginal bovino DIB® (Syntex S. A., s. f.) de 1 g de P4 (progestágeno) más una admi-

nistración intramuscular (IM) de 2 mg de benzoato de estradiol (BE).

Día 7: retiro del DIB + 150 mg de d-cloprostenol, análogo sintético de prostaglandina (PGF 2α), por vía IM + 450 UI de gonadotrofina coriónica equina (eCG) por vía IM + 1 mg de cipionato de estradiol por vía IM.

Día 9: se realizó la IATF a las 48–52 horas posteriores al retiro del DIB, como lo indican Bó et al. (2003), quienes afirman que los protocolos con dispositivos de progesterona han mejorado significativamente la eficiencia reproductiva. En la figura 2 se muestra la preparación y sincronización de las hembras.

► **Figura 1.** Protocolo de sincronización a término fijo



Fuente: Elaboración propia

► **Figura 2.** Proceso de preparación y sincronización de hembras bovinas



Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Inseminación a término fijo

Una vez sincronizadas las hembras, el día 9 se procedió a realizar la IATF. Se depositó, por vía vaginal y mediante el

uso de una pistola de inseminación, el semen bovino contenido en una pajuela. Para ello se atravesó el cérvix y se efectuó el depósito en el “punto blanco” (Figura 3).

► **Figura 3.** Ejecución de la técnica de inseminación artificial a término fijo



Fuente: Elaboración propia

2.3.3. Chequeo para confirmación de preñez

El chequeo se realizó 35–45 días después de la inseminación, con la finalidad de establecer el número de preñeces efecti-

vas y determinar cuáles animales no respondieron al tratamiento. Para este procedimiento se empleó un ecógrafo de pantalla LCD de 5,5" con sonda lineal rectal multifrecuencia de 5,5/6,5/7,5 MHz (Figura 4).

► **Figura 4.** Chequeo reproductivo para confirmación de preñez mediante ecografía



Fuente: Elaboración propia

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

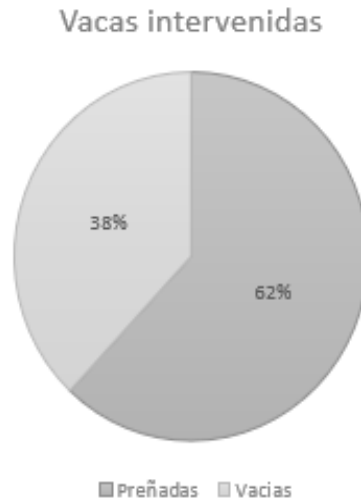
De 50 vacas inseminadas en 15 fincas diferentes, a 31 de ellas se les confirmó la preñez entre los 35 y 45 días, lo cual correspondió a un 62% (Figura 5). La tasa de preñez se calculó como el número de vacas con diagnóstico de preñez positiva dividido entre el número total de vacas tratadas con IATF y multiplicado por 100, de acuerdo con el método descrito por Bó y Baruselli (2014).

Los resultados obtenidos fueron superiores a los reportados por Palma et al. (2016), quienes, mediante un protocolo de IATF, alcanzaron un 48% de preñez. De igual manera, Villa et al. (2007) Erbiti et al. (2018) informaron un porcentaje menor, del 21,9%, que atribuyeron a que las vacas evaluadas se encontraban en amamantamiento, lo cual afectó negativamente la tasa de preñez. En el presente estudio también se incluyeron vacas en esta condición, aunque en menor proporción. Resultados similares a los nuestros fueron obtenidos por Salgado et al. (2009), quienes reportaron una tasa de preñez del 25,9% en vacas Brahman lactantes sometidas a IATF en Colombia. Asimismo, Calderón Argote (2021)

documentó tasas de hasta un 65% en vacas Gyrolando inseminadas a tiempo fijo con pajuelas sexadas. Estos hallazgos resaltan la variabilidad de las tasas de preñez en función de factores como la condición fisiológica de las vacas y las técnicas empleadas en los protocolos de IATF.

Por otro lado, a partir del resultado obtenido por Espinoza-Villavicencio et al. (2021), puede establecerse que se utilizó el mismo protocolo de IATF, pero en condiciones ambientales diferentes: el estudio se realizó en Comondú (Baja California Sur), con un clima generalmente desértico y seco, y arrojó una efectividad del 73% utilizando eCG; en esta investigación, con un clima tropical-húmedo, se obtuvo una efectividad del 62%, con vacas de condición corporal entre 2,5 y 3,5, lo cual no fue condicionante del resultado de preñez al momento de la confirmación. Adicionalmente, Mayorga et al. (2020) compararon protocolos de IATF basados en benzoato y cipionato de estradiol en vacas criollas, obteniendo tasas de concepción del 66,7% y del 62,96%, respectivamente.

► **Figura 5.** Número de preñeces confirmadas

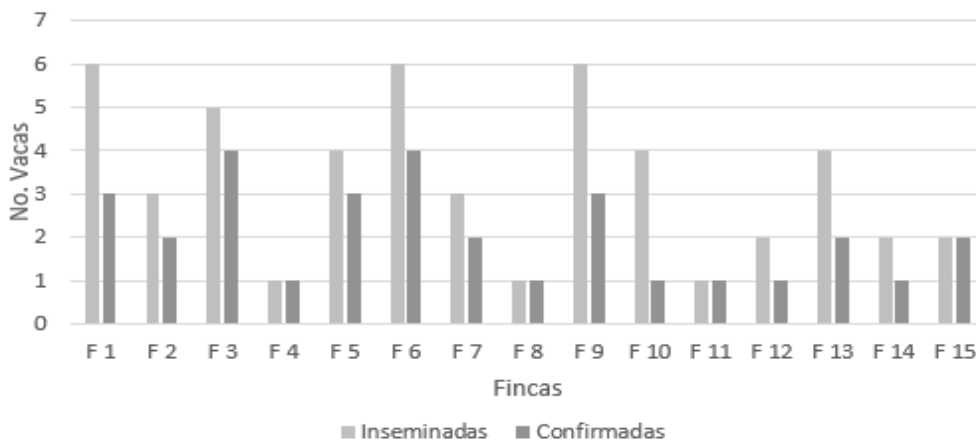


Fuente: Elaboración propia

Dado que el número de individuos varió entre fincas (entre 1 y 6 animales), esta disparidad podría sesgar la interpretación del porcentaje de preñez, ya que un valor alto no implica necesariamente que se trate de la “mejor” finca. El 100% de preñez registrado en las fincas F4, F8 y F11 corresponde a un solo individuo en cada caso. El 75% de preñez se obser-

vó en la F5 (tres de cuatro vacas preñadas). Finalmente, las fincas F1, F6 y F9 presentaron el mayor número de animales seleccionados; de ellas, la F6 obtuvo la mayor tasa de preñez, con un 67%. En la figura 6 se discrimina la cantidad de hembras empleadas y las preñadas para cada finca.

► **Figura 6.** Vacas con diagnóstico positivo de preñez frente a número de animales intervenidos



Fuente: Elaboración propia

4. CONCLUSIONES

El uso de la IATF impactó positivamente la tasa de preñez (62%), lo que demostró que es posible implementar programas de mejoramiento a través de esta herramienta en sistemas productivos bovinos de doble propósito en la zona rural del municipio de Vélez, Santander.

Este estudio fue una propuesta inicial y con resultados exitosos, susceptible de replicarse con una población más grande y homogénea, a fin de realizar análisis más robustos que abarquen un mayor número de predios, ya sea en el

municipio de Vélez o en zonas aledañas con producción bovina.

Es importante motivar la implementación de estos protocolos en pequeños productores, para optimizar sus sistemas mediante la elección de toros que aporten características de interés, lo que permita mejorar genéticamente la descendencia, incrementar la calidad y el valor genético, y aumentar la adopción y efectividad de la biotecnología; todo ello se traducirá en mayores ingresos para los pequeños ganaderos.

REFERENCIAS

- Alcaldía Municipal de Vélez. (s. f.). *Economía*. <https://www.velez-santander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx>
- Bó, G. A., & Baruselli, P. S. (2014). Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal Reproduction*, 11(3), 183–194. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000822>
- Bó, G. A., Baruselli, P. S., & Martínez, M. F. (2003). Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Animal Reproduction Science*, 78(3–4), 307–326. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(03\)00004-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(03)00004-7)
- Calderón Argote, M. A. (2021). *Evaluación de la tasa de preñez de vacas Gyrolando inseminadas a tiempo fijo (IATF) con pajuelas sexadas, empleando el dilutor PROSEMEN post descongelación en San Ignacio, Beni* [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio UMSA.
- Espinoza-Villavicencio, J. L., Palacios-Espinosa, A., Ortega-Pérez, R., Guillén-Trujillo, A., & Manríquez-Hirales, E. (2021). Inseminación artificial a tiempo fijo y reinseminación de vacas para carne tratadas con y sin gonadotropina coriónica equina. *Nova Scientia*, 13(27), 1–20. <https://novascientia.lasallebajio.edu.mx/ojs/index.php/novascientia/article/view/2747>
- Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán). (2025). *Balance y perspectivas del sector ganadero colombiano 2024–2025*. https://estadisticas.fedegan.org.co/DOC/download.jsp?iIdFiles=1121&pRealName=Balance_perspectivas_ganaderia_colombiana_2024_2025_.pdf
- Finagro. (2022). *Ganadería doble propósito Santander*. Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario. https://www.finagro.com.co/sites/default/files/2022-05/b2_ganaderia_doble_proposito_santander.pdf
- Lowman, B. G., Scott, N. A., & Somerville, S. H. (1976). *Condition scoring of cattle* (Bulletin No. 6). East of Scotland College of Agriculture.
- Mayorga Salazar, D. S., Yáñez-Ortiz, I. P., & Díaz Bolaños, R. F. (2020). *Protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo con diferentes inductores de la ovulación en vacas criollas*. https://www.engormix.com/lecheria/inseminacion-artificial-ganado-leche/protocolos-inseminacion-artificial-tiempo_a48485/

- Palma Dávila, C. A., Garbay Chávez, J. G., & Nina Miranda, D. G. (2022). Efecto de un protocolo de sincronización de celo e IATF, sobre el porcentaje de preñez en vacas mestizas Cebú de carne en la estancia Etaca, Ixiamas – La Paz. *Apthapi*, 8(2), 2358-2367. <https://doi.org/10.53287/jfyx4660xz151>
- Palma Dávila, C. A., Garbay Chávez, J. G., & Nina Miranda, D. G. (2022). Efecto de un protocolo de sincronización de celo e IATF, sobre el porcentaje de preñez en vacas mestizas Cebú de carne en la estancia Etaca, Ixiamas – La Paz. *Apthapi*, 8(2), 2358-2367. <https://doi.org/10.53287/jfyx4660xz151>
- Salgado, R., Vergara, O., & Simanca, J. (2009). Eficiencia reproductiva en ganado *Bos indicus* mediante la utilización de programas de inseminación artificial a tiempo fijo. *Livestock Research for Rural Development*, 21(8). <http://www.lrrd.org/lrrd21/8/salg21134.htm>
- Syntex S. A. (s. f.). DIB® *Dispositivo Intravaginal Bovino*. https://www.syntexar.com/_files/ugd/2e69d5_04792ec0f7684e71b2129199c8f0671c.pdf
- Marizancén Silva, M. y Artunduaga Pimentel, L. (s. f.). Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. (s. d.). Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/29474>
- Villa, N., Morales, C., Granada, J., Mesa, H., Gómez, G. y Molina, J. (2007). Evaluación de cuatro protocolos de sincronización para inseminación a tiempo fijo en vacas *Bos indicus* lactantes. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 17(5), 501–507, https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592007000500010&lng=e&nrm=iso



Licencia de Creative Commons

Revista Working Papers ECAPMA is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Fecha de recibido: 11-02-2025

Fecha de aceptado: 09-09-2025

CONTROL DE ARVENSES AGRESIVAS EN LA ZONA CAFETERA MEDIANTE EL USO DE LAS AGUAS MIELES DEL CAFÉ POR FERMENTACIÓN AERÓBICA Y ANAERÓBICA

CONTROL OF AGGRESSIVE WEEDS IN COFFEE-GROWING AREAS USING COFFEE HONEY WATERS THROUGH AEROBIC AND ANAEROBIC FERMENTATION

Alexander Castro Polanco

Agrónomo, Ingeniero Industrial, Especialista en Biotecnología Agraria, Magíster en Desarrollo Rural, Universidad Nacional Abierta y Distancia

(UNAD) - ECAPMA ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1450-5590>

email: alexander.castro@unad.edu.co

Diana Cristina Medina Valencia

Ingeniera Agrícola, Especialista en Biotecnología Agraria, Magíster en Tecnología Educativa. Universidad Nacional Abierta y Distancia (UNAD) - ECAPMA

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

email: cristina.medina@unad.edu.co

Citación: Castro-Polanco, A., Medina-Valencia, D. C. (2025). Control de arvenses agresivas en la zona cafetera mediante el uso de las aguas mieles del café por fermentación aeróbica y anaeróbica. *Working Papers ECAPMA*, 9, 190-209.

<https://doi.org/10.22490/ECAPMA.9932>



RESUMEN

Contextualización: la producción de café en Colombia es fundamental para la economía y el sustento de miles de familias, pero enfrenta desafíos como la competencia de arvenses por recursos esenciales, lo que reduce la productividad (Salazar-Gutiérrez e Hincapié, 2020). Tradicionalmente, se usan herbicidas químicos, que generan resistencia en arvenses y daños ambientales (Labrada y Parker, 1996). Esto ha impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles como las aguas mieles del café, un subproducto rico en compuestos orgánicos con potencial herbicida.

Vacío de conocimiento: aunque estudios previos han explorado herbicidas naturales como el mucílago de cacao, hay poca investigación sobre la efectividad de las aguas mieles del café, especialmente en condiciones aeróbicas y anaeróbicas. Además, no se ha determinado cómo influyen factores como el tiempo de fermentación y la dosis en su eficacia. Este estudio busca llenar ese vacío, evaluando estos aspectos en el contexto cafetero de La Plata, Huila.

Propósito: el objetivo general fue evaluar el efecto de las aguas mieles como método de control de arvenses. Los objetivos específicos incluyeron caracterizar las especies de arvenses presentes, determinar la influencia de tiempos de

fermentación (8, 15 y 24 días) y dosis (1 y 5 litros) bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas, y monitorear su afectación en arvenses de hoja ancha y angosta.

Metodología: el estudio se realizó en la finca El Mirador, utilizando 36 marcos de guadua de 1 m². Se aplicaron aguas mieles fermentadas en dos condiciones (aeróbica y anaeróbica), tres tiempos de fermentación y dos dosis. La afectación se midió mediante observación visual de signos como marchitez y necrosis, calculando porcentajes de afectación por tipo de hoja.

Resultados y conclusiones: las fermentaciones prolongadas (24 días) y dosis altas (5 litros) bajo condiciones anaeróbicas fueron las más efectivas, logrando hasta un 98,57 % de afectación en arvenses de hoja ancha y 96,67 % en hoja angosta. Las arvenses de hoja ancha fueron más sensibles. Estos hallazgos sugieren que las aguas mieles pueden ser una alternativa viable a los herbicidas químicos, reduciendo costos e impactos ambientales. Sin embargo, se recomienda ampliar estudios para evaluar su estabilidad química y efectos a largo plazo en el suelo.

Palabras clave: mucílago de café, control de arvenses, herbicida natural, fermentación anaeróbica, caficultura sostenible, impacto ambiental.

ABSTRACT

Context: Coffee production in Colombia plays a vital role in the economy and sustains thousands of families, yet it faces challenges from weed competition for essential resources (water, light, and nutrients), which reduces productivity (Salazar- Gutiérrez e Hincapié, 2020). Conventional chemical herbicide use has led to weed resistance and environmental damage (Labrada y Parker, 1996), prompting the search for sustainable alternatives like coffee mucilage (“aguas mieles”), a byproduct rich in organic compounds with herbicidal potential.

Knowledge Gap: While previous studies have examined natural herbicides such as cocoa mucilage, limited research exists on coffee mucilage’s effectiveness, particularly under aerobic and anaerobic conditions. Furthermore, the influence of fermentation duration and application rates on its efficacy remains undetermined. This study addresses these gaps by evaluating these parameters in the coffee-growing region of La Plata, Huila.

Objectives: The primary aim was to assess coffee mucilage as a weed control method. Specific objectives included: (1) characterizing prevalent weed species, (2) determining the effects of fermentation periods (8, 15, and 24 days)

and application rates (1L and 5L) under aerobic/anaerobic conditions, and (3) monitoring its impact on broadleaf and grass-type weeds.

Methodology: Conducted at El Mirador farm, the study employed thirty-six 1m² bamboo quadrats. Fermented coffee mucilage was applied under two conditions (aerobic/anaerobic), three fermentation periods, and two application rates. Treatment efficacy was assessed through visual evaluation of wilting and necrosis symptoms, with damage percentages calculated by weed type.

Results and Conclusions: Extended fermentation (24 days) with high application rates (5L) under anaerobic conditions proved most effective, achieving 98.57% control of broadleaf weeds and 96.67% for grass-type weeds, with broadleaf species showing greater susceptibility. These findings position coffee mucilage as a viable alternative to synthetic herbicides, offering both economic and environmental benefits. However, further research is recommended to examine its chemical stability and long-term soil impacts.

Keywords: Coffee mucilage; Weed control; Bioherbicide; Anaerobic fermentation; sustainable coffee production; Environmental impact.


1. INTRODUCCIÓN

Colombia se destaca como uno de los principales productores mundiales de café con una producción de 680 mil toneladas de café, ubicándose como el tercer mayor productor a nivel mundial, detrás de Brasil y Vietnam (International Coffee Organization, 2023). La mayor parte de las áreas cultivadas se concentran en la región Andina, esto se da gracias a las condiciones óptimas para la producción de café, las cuales proporcionan un clima y altitudes ideales para el mismo (Lozano et al., 2011). Se destaca la presencia significativa de áreas cultivadas en los departamentos de Huila, Antioquia, Tolima y Cauca, con superficies de 144,1 ha, 117,5 ha, 106,9 ha y 91,9 ha, respectivamente, los cuales representan conjuntamente el 54,8 % del área cultivada a nivel nacional (Supersolidaria, 2024). En regiones como el municipio de La Plata, Huila, reconocido por su caficultura de alta calidad, el sistema de producción enfrenta desafíos permanentes relacionados con la sostenibilidad y la productividad. Uno de los principales problemas agronómicos es el manejo de las arvenses, también conocidas como malezas, que interfieren con el cultivo del café al competir por luz, agua, nutrientes y espacio radicular, generando reducciones en los rendimientos que pueden alcanzar hasta un 96 % en casos extremos (Salazar-Gutiérrez e Hincapié, 2020).

Tradicionalmente, el control de arvenses se ha llevado a cabo mediante el uso de herbicidas químicos, cuya aplicación continuada ha derivado en múltiples problemáticas. El control químico se realiza interrumpiendo el crecimiento o inhibiendo por medio de sustancias de origen químico que actúan sobre la planta provocando su muerte. Sin embargo, una mala cobertura o aplicación de dosis fuera del rango recomendado tiene consecuencias como la persistencia de las malezas y que estas compitan con el cultivo por nutrientes, espacio y luz, y el posible riesgo de desarrollo de resistencia (Intagri S.C., s.f.).

Lo anterior ha generado la necesidad de buscar soluciones sostenibles y económicamente viables, alineadas con los principios de producción limpia. En este contexto, el aprovechamiento de subproductos agroindustriales ha cobrado especial relevancia, como una alternativa al uso de herbicidas químicos, que también permite transformar residuos contaminantes en insumos útiles para el manejo sostenible de arvenses en sistemas productivos como la caficultura.

El mucílago del café, conocido comúnmente como aguas mieles, es un subproducto líquido generado durante el proceso de despulpado del café. Estas aguas mieles contienen una variedad de compuestos orgánicos, incluyendo azúcares,



ácidos orgánicos y nutrientes, que podrían tener propiedades herbicidas. Su uso como alternativa al control de arvenses se basa en su potencial para inhibir el crecimiento de estas plantas competidoras (Puerta Quintero et. al, 2012).

En ese sentido, con el proyecto desarrollado en la finca El Mirador, vereda El Cabuyal (La Plata, Huila), se propuso evaluar la eficacia del uso de aguas mieles del café fermentadas aeróbica y anaeróbicamente para el control de arvenses de hoja ancha y hoja angosta, a través de la aplicación de diferentes dosis (1 y 5 litros por metro cuadrado) y tiempos de fermentación (8, 15 y 24 días). Los resultados más prometedores se obtuvieron con fermentaciones anaeróbicas de 24 días, que alcanzaron niveles de afectación superiores al 89 % en arvenses de hoja ancha y al 80 % en arvenses de hoja angosta (Trujillo González, 2025).

Además de su efectividad como bioinsumo, el uso de aguas mieles del café re-

presenta una estrategia para cerrar ciclos productivos, reducir la dependencia de agroquímicos, disminuir los costos de producción y minimizar los impactos negativos sobre el ambiente. Esta propuesta se enmarca en el concepto de economía circular agroecológica, donde los residuos de un proceso se convierten en recursos útiles para otros, promoviendo la resiliencia de los agroecosistemas y la sostenibilidad del sector cafetero.

Finalmente, esta investigación aporta conocimientos relevantes para los caficultores de la región y fortalece el campo de la agronomía aplicada en el contexto colombiano, ofreciendo una herramienta práctica de bajo costo y alta efectividad para el manejo de arvenses en cafetales. Así, se responde a una necesidad urgente de innovación en el manejo de la biodiversidad espontánea en sistemas agrícolas, promoviendo al mismo tiempo la protección del entorno y el bienestar de las comunidades rurales.

2. METODOLOGÍA

Esta investigación se desarrolló en la finca El Mirador, ubicada en la vereda El Cabuyal, municipio de La Plata, Huila, a una altitud de 1040 m s. n. m. y con condiciones climáticas favorables para el cultivo de café. La metodología se estructuró en tres fases: caracterización de arvenses, preparación y aplicación de tratamientos con aguas mieles, y evaluación de la afectación de arvenses.

2.1 Caracterización de especies arvenses

Se realizó una identificación taxonómica de las especies presentes en las parcelas experimentales mediante el uso de la aplicación PlantNet y validación bibliográfica con fuentes especializadas en flora arvense de zonas cafeteras. Se clasificaron las especies en dos grupos: hoja ancha y hoja angosta, para facilitar su análisis en función de los tratamientos (figura 1).

► **Figura 1.** Caracterización de arvenses presentes en las parcelas



Fuente: Trujillo González, 2025.

2.2 Preparación de aguas mieles

El subproducto del despulpado del café fue recolectado y sometido a procesos

de fermentación controlada en bidones adecuados (figura 2): 18 litros para el proceso aeróbico (con acceso al oxígeno) y 20 litros para el anaeróbico (sin acceso al oxígeno).

► **Figura 2.** Recolección de aguas mieles



Fuente: Trujillo González, 2025.

2.3 Diseño experimental

Se establecieron 36 parcelas de un metro cuadrado cada una, demarcadas con

marcos de guadua y distribuidas en zigzag dentro de cafetales (figura 3).

► **Figura 3.** Elaboración de marcos de guadua de 1 metro cuadrado por 36 unidades



Fuente: Trujillo González, 2025.

A cada parcela se le aplicaron tratamientos con aguas mieles fermentadas bajo dos condiciones (aeróbica y anaeróbica), en dos dosis (1 litro y 5 litros) y en

tres tiempos de fermentación (8, 15 y 24 días), lo que dio lugar a un diseño factorial. Cada combinación fue replicada tres veces (figura 4).

► **Figura 4.** Almacenamiento de fermentación del aguamiel



Fuente: Trujillo González, 2025.

2.4 Aplicación de tratamientos y seguimiento

Los tratamientos fueron aplicados directamente sobre las parcelas a intervalos

definidos según el tiempo de fermentación (figura 5).

► **Figura 5.** Aplicación de tratamientos



Fuente: Trujillo González, 2025.

La afectación de las arvenses fue evaluada visualmente mediante registros de síntomas como clorosis, necrosis y marchitez.

Se calculó el porcentaje de afectación con base en la proporción de plantas impactadas respecto al total, mediante la fórmula:

$$\%Afectación = \left(\frac{\text{Número de plantas afectadas}}{\text{Número total de plantas en el cuadro}} \right) \times 100$$

■ **Tabla 1.** Distribución de cuadros experimentales según tipo de fermentación, tiempo y dosis de aplicación

Tipo de fermentación	Días de fermentación	Dosis (L)	N.º de cuadros
Aeróbica	8	1	3
Aeróbica	8	5	3
Aeróbica	15	1	3
Aeróbica	15	5	3
Aeróbica	24	1	3
Aeróbica	24	5	3
Anaeróbica	8	1	3
Anaeróbica	8	5	3
Anaeróbica	15	1	3
Anaeróbica	15	5	3
Anaeróbica	24	1	3
Anaeróbica	24	5	3

Fuente: Trujillo González, 2025.

2.5 Análisis de datos

Los resultados obtenidos fueron organizados por tipo de arvense, dosis, método y duración de la fermentación. Se elaboraron tablas y gráficas para ilustrar

los niveles de afectación y se interpretaron comparativamente entre los diferentes tratamientos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización inicial de las arvenses presentes en la finca El Mirador permitió identificar una diversidad significativa de especies tanto de hoja ancha como de hoja angosta. Entre las más frecuentes se encontraron *Digitaria sanguinalis*, *Commelina diffusa*, *Amaranthus spinosus*, *Drymaria cordata*, *Polygonum nepalense* y *Galinsoga parviflora*. Estas especies fueron identificadas a través de herramientas botánicas digitales (PlantNet) y validadas mediante bibliografía especializada (Salazar-Gutiérrez e Hincapié, 2020).

En cuanto al monitoreo del efecto de diferentes dosis y tratamientos con aguas mieles de café sobre arvenses de hoja ancha y hoja angosta, se presentan las siguientes tablas resumen del trabajo de evaluación en campo, cuyo propósito fue determinar el efecto de las aguas mieles fermentadas sobre las arvenses, diferenciadas por tipo de hoja. Se incluyen los datos obtenidos en cada fase y tiempo de fermentación, así como las dosis aplicadas y el momento de aplicación, identificados mediante el ítem “código del marco”.

■ **Tabla 2.** Registros de afectación en la aplicación aeróbica a los ocho días de fermentación

Código del marco	Cantidad aplicada	% en el marco (hoja ancha)	% afectación (hoja ancha)	% en el marco (hoja angosta)	% afectación (hoja angosta)
1-AE-1-1	1 litro	80	61	20	11
2-AE-1-1	1 litro	70	36	30	1
3-AE-1-1	1 litro	95	71	5	1
1-AE-5-1	5 litros	70	71	30	31
2-AE-5-1	5 litros	95	67	5	1
3-AE-5-1	5 litros	90	89	10	9

Fuente: Trujillo González, 2025.

En la tabla 2 se observa que los tratamientos con mayor volumen (5 litros) generaron los niveles más altos de afectación, especialmente en las especies de hoja angosta, donde se alcanzaron valores de hasta un 83 % (tratamientos 1-AN-5-1 y 2-AN-5-1). En las especies de hoja ancha la respuesta fue más variable; sin embargo, el tratamiento 3-AN-5-1 mostró una afectación destacada del 89 %,

indicando una posible relación entre el incremento del volumen aplicado y el aumento de la fitotoxicidad bajo condiciones sin oxígeno. Estos resultados evidencian que la combinación de volumen y tipo de fermentación puede influir significativamente en la eficacia del tratamiento, con mayor impacto sobre las especies de hoja angosta en esta fase temprana de fermentación.

■ **Tabla 3.** Registro de aplicación anaeróbica, 8 días de fermentación

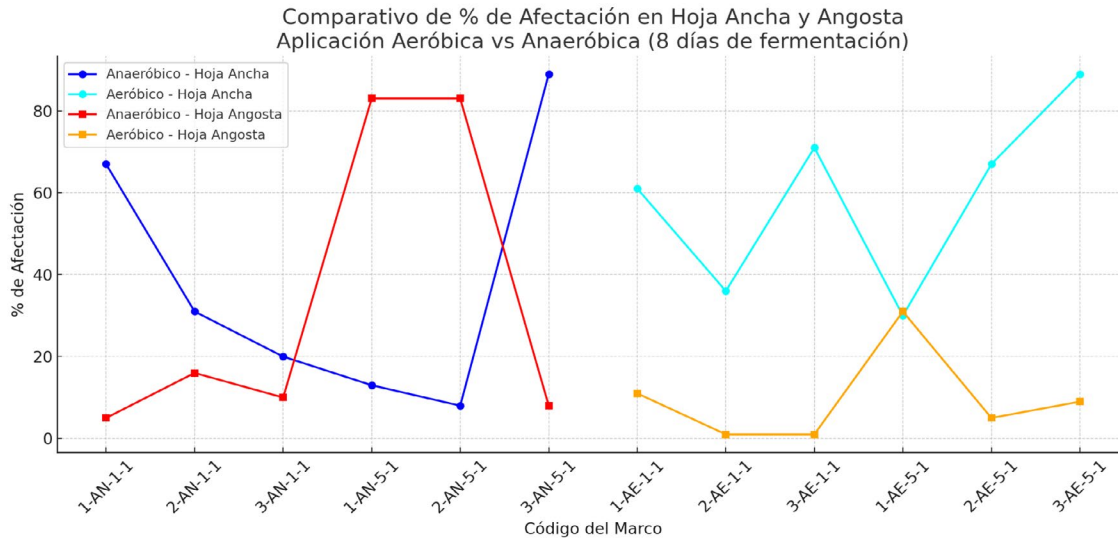
Código del marco	Cantidad	% en el marco (hoja ancha)	% afectación (hoja ancha)	% en el marco (hoja angosta)	% afectación (hoja angosta)
1-AN-1-1	1 litro	90	67	10	5
2-AN-1-1	1 litro	60	31	40	16
3-AN-1-1	1 litro	90	20	10	10
1-AN-5-1	5 litros	15	13	85	83
2-AN-5-1	5 litros	10	8	90	83
3-AN-5-1	5 litros	90	89	10	8

Fuente: Trujillo González, 2025.

La tabla 3 resume la afectación de arvenses tras el tratamiento aeróbico con 8 días de fermentación. A diferencia del tratamiento anaeróbico, la afectación general fue menor, especialmente en especies de hoja angosta, donde la mayoría de los tratamientos no superaron el 11 % de afectación. En hoja ancha se

observaron niveles de afectación más altos, alcanzando hasta un 89 % en el tratamiento 3-AE-5-1 con 5 litros, lo que sugiere que, bajo condiciones aeróbicas, el volumen también influye en la respuesta de las arvenses de hoja ancha, aunque con menor impacto sobre las especies de hoja angosta.

► **Figura 6.** Gráfico comparativo % de afectación, 8 días de fermentación



Fuente: elaboración propia.

En el figura 6 se observa con claridad que las líneas correspondientes al tratamiento anaeróbico muestran mayor variabilidad y picos pronunciados, especialmente en afectación de hoja angosta en los tratamientos con mayor volumen (5 litros). En contraste, las líneas del tratamiento aeróbico presentan un comportamiento más

uniforme y con valores de afectación generalmente más bajos, lo cual refuerza la idea de que las condiciones con oxígeno son menos agresivas para el cultivo. Este gráfico facilita la identificación de patrones de respuesta y apoya la toma de decisiones respecto al tipo de fermentación y volumen de aplicación más adecuados.

■ **Tabla 4.** Registros de aplicación aeróbica de quince días de fermentación

Código del marco	Cantidad	% en el marco (hoja ancha)	% afectación (hoja ancha)	% en el marco (hoja angosta)	% afectación (hoja angosta)
1-AE-1-2	1 litro	40	12	60	14
2-AE-1-2	1 litro	95	8	5	3
3-AE-1-2	1 litro	90	11	10	5
1-AE-5-2	5 litros	70	38	30	25
2-AE-5-2	5 litros	95	45	5	4
3-AE-5-2	5 litros	95	32	5	4

Fuente: Trujillo González, 2025.

La tabla 4 muestra que la afectación en hoja angosta se mantuvo baja, con valores inferiores al 14 % en todos los tratamientos. En cambio, las especies de hoja ancha registraron una afectación más significativa, destacándose el tratamiento 2-AE-5-2 con un 45 %. Estos datos

indican que, bajo condiciones aeróbicas prolongadas (15 días), la afectación sigue siendo moderada en hoja angosta, mientras que las especies de hoja ancha son más susceptibles a los compuestos generados, especialmente cuando se aplica un mayor volumen.

Tabla 5. Registro de aplicación anaeróbico, 15 días de fermentación

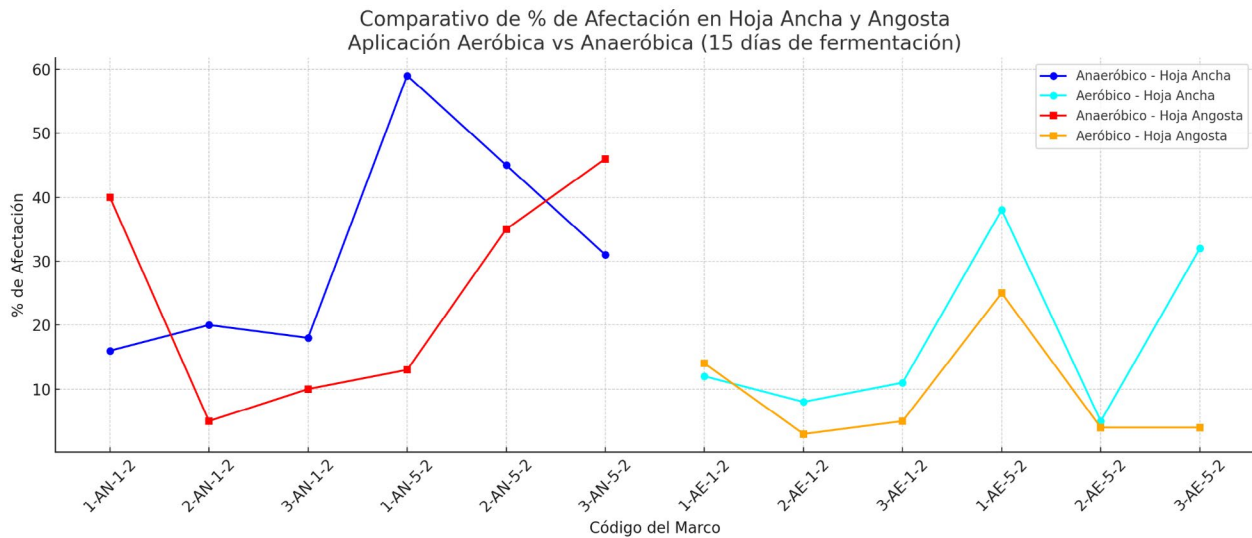
Código del marco	Cantidad	% en el marco (hoja ancha)	% afectación (hoja ancha)	% en el marco (hoja angosta)	% afectación (hoja angosta)
1-AN-1-2	1 litro	30	16	70	40
2-AN-1-2	1 litro	95	20	5	3
3-AN-1-2	1 litro	90	18	10	6
1-AN-5-2	5 litros	85	59	15	13
2-AN-5-2	5 litros	60	45	40	35
3-AN-5-2	5 litros	40	31	60	46

Fuente: Trujillo González, 2025.

En la tabla 5 se evidencia un aumento importante en la afectación general bajo condiciones anaeróbicas prolongadas. Las especies de hoja angosta presentaron afectaciones de hasta 70 % en el tratamiento 1-AN-1-2, mientras que en hoja ancha se registraron valores máxi-

mos de 59 % con aplicaciones de 5 litros. Esto sugiere que el ambiente sin oxígeno favorece la producción de sustancias tóxicas que incrementan la fitotoxicidad, afectando tanto a la hoja ancha como a la angosta, con una ligera mayor susceptibilidad en estas últimas.

► **Figura 7.** Gráfico comparativo % de afectación, 15 días de fermentación



Fuente: elaboración propia.

En la figura 7 se observa de forma clara que las líneas correspondientes a la aplicación anaeróbica muestran mayores variaciones y en algunos puntos niveles elevados de afectación, especialmente en hojas angostas. En contraste, las líneas correspondientes a los tratamien-

tos aeróbicos se mantienen relativamente estables y con valores más bajos. Esto respalda visualmente la conclusión de que la fermentación aeróbica tiene un efecto más positivo en la salud foliar que la anaeróbica tras 15 días de tratamiento.

■ **Tabla 6.** Registro de aplicación aeróbica, 24 días de fermentación

Código del marco	Cantidad	% en el marco (hoja ancha)	% afectación (hoja ancha)	% en el marco (hoja angosta)	% afectación (hoja angosta)
1-AE-1-3	1 litro	90	75	10	8
2-AE-1-3	1 litro	80	66	20	16
3-AE-1-3	1 litro	70	47	30	20
1-AE-5-3	5 litros	70	65	30	28
2-AE-5-3	5 litros	85	84	15	15
3-AE-5-3	5 litros	95	93	5	4

Fuente: Trujillo González, 2025.

Según la tabla 6, la afectación en especies de hoja ancha aumentó considerablemente, con valores entre 47 % y 93 %, mientras que en hoja angosta se mantuvo baja, sin superar el 28 %. Este comportamiento sugiere que el tratamiento aeróbico prolongado genera sustancias

que afectan principalmente a especies de hoja ancha. Las especies de hoja angosta demostraron mayor resistencia, reflejando una menor respuesta negativa, incluso ante volúmenes y tiempos de exposición mayores.

■ **Tabla 7.** Registro de aplicación anaeróbica, 24 días de fermentación

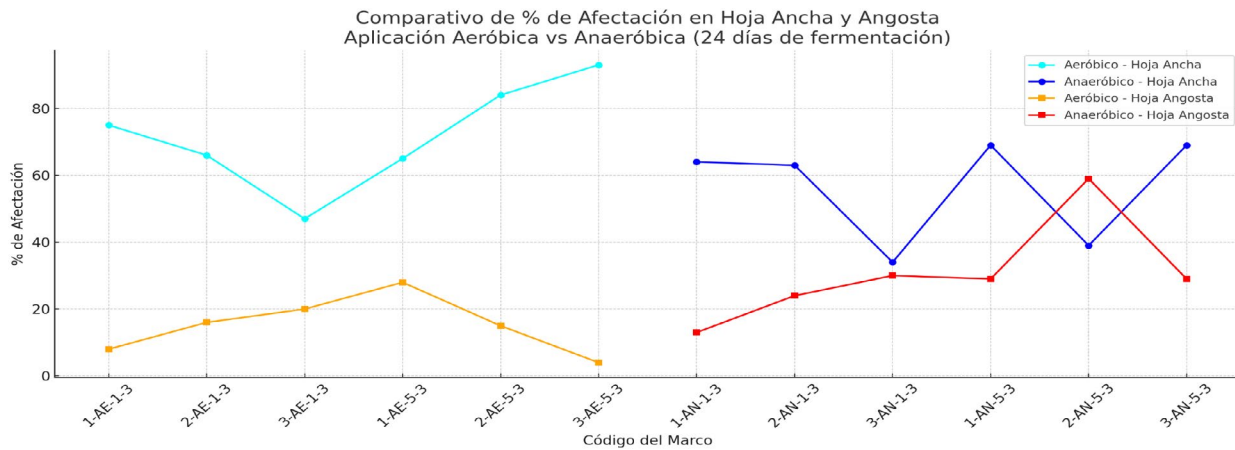
Código del marco	Cantidad	% en el marco (hoja ancha)	% afectación (hoja ancha)	% en el marco (hoja angosta)	% afectación (hoja angosta)
1-AN-1-3	1 litro	80	64	20	13
2-AN-1-3	1 litro	70	63	30	24
3-AN-1-3	1 litro	50	34	50	30
1-AN-5-3	5 litros	70	69	30	29
2-AN-5-3	5 litros	40	39	60	29
3-AN-5-3	5 litros	70	69	30	29

Fuente: Trujillo González, 2025.

La tabla 7 muestra que los tratamientos anaeróbicos de 24 días generaron una elevada afectación en ambas categorías foliares. Las especies de hoja ancha alcanzaron valores de hasta 69 %, mientras que las de hoja angosta registraron afectaciones superiores al 30 %, con un

máximo de 59 %. Estos resultados confirman que la fermentación prolongada sin oxígeno potencia la toxicidad de los extractos, logrando un efecto fitotóxico importante en ambos tipos de arvenses, aunque con una tendencia levemente mayor hacia las especies de hoja ancha.

► **Figura 8.** Gráfico comparativo % de afectación, 24 días de fermentación



Fuente: elaboración propia.

El figura 8 permite visualizar claramente que la aplicación aeróbica genera menor afectación en hoja angosta en todos los tratamientos evaluados, en contraste con la anaeróbica, donde la afectación es superior. En hoja ancha, ambos métodos muestran afectaciones altas, pero el aeróbico presenta una distribución más controlada y homogénea. Este comportamiento confirma que la fermentación

aeróbica podría ser más favorable para reducir la afectación en hoja angosta sin comprometer la cobertura del marco.

Los tratamientos aplicados con aguas mieles del café fermentadas (en condiciones aeróbicas y anaeróbicas), en distintas dosis (1 L y 5 L) y tiempos de fermentación (8, 15 y 24 días), arrojaron los siguientes resultados destacados:

■ **Tabla 8.** Resumen con los resultados de afectación en arvenses según los días de fermentación de las aguas mieles de café

Momento (días de fermentación)	Afectación hoja ancha (%)	Afectación hoja angosta (%)
8 días	47,37	80,00
15 días	69,41	86,67
24 días	98,89	80,00

Fuente: elaboración propia.

Primer momento (8 días de fermentación):

- La aplicación aeróbica con 5 litros logró los mejores resultados en este periodo, con un 80 % de afectación en especies de hoja angosta, mientras que en hoja ancha la afectación fue del 47,37 %.
- La fermentación anaeróbica en este mismo tiempo presentó una menor eficacia, lo que sugiere que los compuestos tóxicos necesarios para inhibir el crecimiento de arvenses aún no se habían desarrollado en suficiente concentración durante este corto periodo de fermentación sin oxígeno.
- En este momento se observó que las arvenses de hoja angosta fueron más susceptibles que las de hoja ancha, lo que contrasta con los momentos posteriores.

Segundo momento (15 días):

- Las aplicaciones anaeróbicas con 5 litros alcanzaron 69,41 % de afectación en hoja ancha y 86,67 % en hoja angosta.
- Se evidenció una mayor eficiencia en comparación con los tratamientos del primer momento.
- Este incremento en la efectividad indica que durante los 15 días de fermentación

anaeróbica se generaron metabolitos alelopáticos o ácidos orgánicos de mayor toxicidad, coincidiendo con estudios similares realizados con mucílago de cacao (Hipo, 2017).

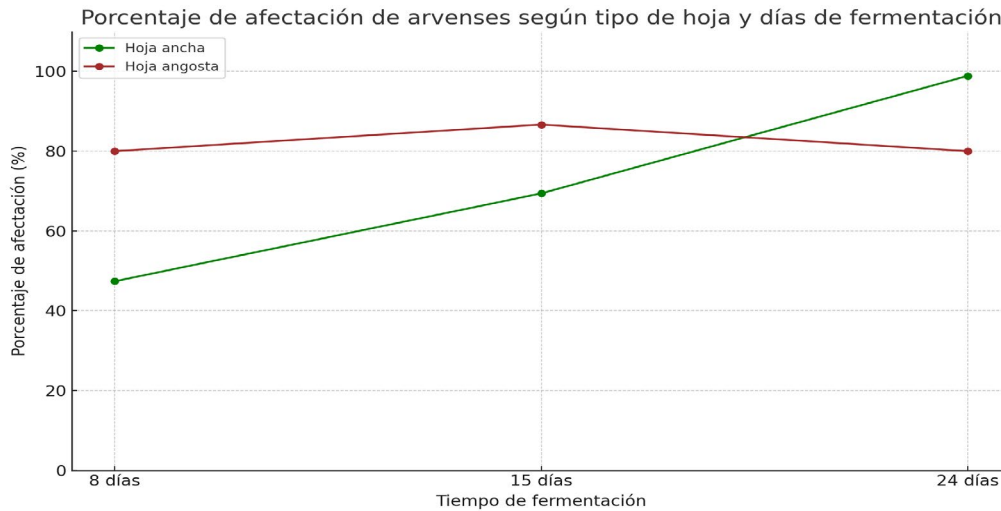
Tercer momento (24 días):

- La fermentación anaeróbica con 5 litros fue la más efectiva de todos los tratamientos evaluados, alcanzando 98,89 % de afectación en especies de hoja ancha y 80 % en hoja angosta.
- Este resultado confirma la hipótesis de que los procesos anaeróbicos prolongados generan compuestos más fitotóxicos o en mayor concentración, como ácidos volátiles o alcoholes de cadena corta, que afectan especialmente a las especies de hoja ancha, debido a su mayor permeabilidad foliar.
- Las especies de hoja angosta, al presentar cutículas más gruesas y resistentes (propias de las gramíneas), mostraron una mayor tolerancia al tratamiento.

Comparación general entre tratamientos

La fermentación anaeróbica con 5 litros fue la más efectiva de todos los tratamientos evaluados, alcanzando 98,89 % de afectación en especies de hoja ancha y 80 % en hoja angosta.

► **Figura 9.** Gráfico comparativo % de afectación según tipo de hoja



Fuente: elaboración propia.

Estos resultados sugieren que tanto el tiempo de fermentación como la dosis y el tipo de fermentación influyen significativamente en la eficacia de las aguas mieles como bioherbicida. Además, respaldan la hipótesis inicial del proyecto: las aguas mieles del café, especialmente cuando se someten a procesos de fermentación anaeróbica prolongada y se aplican en dosis altas, tienen un efecto inhibitorio notable sobre las arvenses (figura 9).

La efectividad creciente con el tiempo de fermentación sugiere una transformación bioquímica de los compuestos activos presentes en el mucílago, posiblemente aumentando la concentración de ácidos orgánicos, alcoholes y otras sustancias fitotóxicas. Estudios previos como el de Hipo (2017) con mucílago de cacao coinciden con estos hallazgos, resaltando el papel del tiempo de fermentación en la potenciación del efecto alelopático.

La mayor susceptibilidad de las arvenses de hoja ancha podría explicarse por su estructura foliar más permeable, permitiendo una absorción más rápida de los compuestos tóxicos. Por el contrario, las especies de hoja angosta, como las gramíneas, presentan cutículas más resistentes y mecanismos de tolerancia que dificultan la acción herbicida.

Además, la fermentación anaeróbica superó consistentemente a la aeróbica en efectividad, lo que podría estar relacionado con la acumulación de compuestos más tóxicos en condiciones sin oxígeno, como ciertos ácidos volátiles o alcoholes de cadena corta.

Este estudio refuerza la viabilidad de las aguas mieles del café como alternativa sostenible a los herbicidas químicos. Al tratarse de un residuo agroindustrial de fácil disponibilidad, su uso también aporta a la gestión integral de residuos y a la reducción de costos para pequeños y medianos productores.

4. CONCLUSIONES

El desarrollo de esta investigación permitió evidenciar que las aguas mieles del café, tradicionalmente consideradas un residuo contaminante, pueden convertirse en un insumo útil dentro del manejo agroecológico del cultivo de café. Su aplicación fermentada mostró efectos relevantes sobre las arvenses presentes, especialmente aquellas de hoja ancha, abriendo posibilidades para reducir la dependencia de herbicidas químicos en la caficultura local.

Los resultados obtenidos muestran que el proceso de fermentación influye de forma significativa en la efectividad del tratamiento. En particular, las fermentaciones de 24 días bajo condiciones anaeróbicas y con dosis de 5 litros por metro cuadrado lograron los mayores porcentajes de afectación sobre las arvenses de hoja ancha, alcanzando hasta 98,89 % de control.

Este hallazgo permite señalar que tanto la duración del proceso como el tipo de fermentación y la dosis aplicada son variables críticas para la optimización de este bioinsumo.

La caracterización taxonómica de las especies presentes en las parcelas experimentales permitió establecer diferencias importantes en la respuesta al tratamiento entre arvenses de hoja ancha y de hoja angosta. Las primeras presentaron una mayor sensibilidad, mientras que las segundas mostraron mayor resistencia al efecto fitotóxico de las aguas mieles. Este comportamiento diferencial sugiere la necesidad de diseñar estrategias específicas de aplicación según la composición florística de los lotes, lo cual resulta relevante para ajustar las prácticas a las condiciones reales del productor.

Desde una perspectiva de sostenibilidad, se demuestra que es posible aprovechar subproductos de la agroindustria local para enfrentar problemáticas agronómicas recurrentes, representando una alternativa económica viable para pequeños y medianos productores, contribuyendo a reducir la carga contaminante sobre suelos y fuentes hídricas.

REFERENCIAS

- Hipo, M. (2017). Aplicación de mucílago de semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el control de malezas. <https://scispace.com/papers/aplicacion-de-mucilago-de-semillas-de-cacao-theobroma-cacao-5ltoex2hob>
- Intagri S. C. (s.f.). *Los riesgos de una mala aplicación de herbicidas*. <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/los-riesgos-de-una-mala-aplicacion-de-herbicidas>
- International Coffee Organization [OIC]. (2023). Coffee report and outlook. https://icocoffee.org/documents/cy2023-24/Coffee_Report_and_Outlook_December_2023_ICO.pdf
- Labrada, R., Caseley, J. C. y Parker, C. (1996). *Manejo de malezas para países en desarrollo*, 120. Food & Agriculture Org. <https://www.fao.org/4/t1147s/t1147s00.htm>
- Lozano, A., Samper, L. F. y García, J. (2011). Las indicaciones geográficas (IG) y la ciencia como instrumento de competitividad: el caso del café de Colombia. *Revista Ensayos sobre Economía Cafetera*, 27, 11-49. chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://federaciondecafeteros.org/static/files/Las_Indicaciones_Geograficas.pdf
- Puerta Quintero, G. I., Marín Mejía, J. y Osorio Betancurt, G. A. (2012). Microbiología de la fermentación del mucílago de café según su madurez y selección. *Revista Cenicafé*, 63(2): 58-78. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/536/1/arc063%2802%2958-78.pdf>
- Salazar-Gutiérrez, L. e Hincapié, E. (2020). Las arvenses y su interferencia en los sistemas de producción de café. En Centro Nacional de Investigaciones de Café (Ed.). *Manejo agronómico de los sistemas de producción de café*, 124-148. Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0002_4
- Superintendencia de la Economía Solidaria [Supersolidaria]. (2024, mayo 15). *Norma Técnica Sectorial NTS 002 de 2024*. https://www.supersolidaria.gov.co/sites/default/files/gad_2024/20240515_nts_002.pdf
- Trujillo González, E. E. (2025). *Evaluación de aguas mieles del café como método de control de arvenses de alta interferencia en zona cafetera del municipio de La Plata, Huila*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). <http://hdl.handle.net/10596/68986>

Fecha de recibido: 04-08-2025

Fecha de aceptado: 26-09-2025

APORTES DEL PROGRAMA DE DESARROLLO CON ENFOQUE TERRITORIAL (PDET) A LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DEL MUNICIPIO DE FLORENCIA, CAQUETÁ

CONTRIBUTIONS OF THE TERRITORIAL DEVELOPMENT PROGRAM - PDET TO THE ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF THE MUNICIPALITY OF FLORENCIA, CAQUETÁ

Raquel Marín Ortiz

Ingeniera Agroecóloga, Universidad de la Amazonía. Especialista en Ingeniería Ambiental, Universidad Surcolombiana. Magíster en Desarrollo Rural, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Docente tiempo completo de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), CEAD Florencia. Líder del semillero de investigación Raíces Amazónicas.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9350-6583>

E-mail: raquel.marin@unad.edu.co

Guillermo León Artunduaga Montealegre

Ingeniero Agroecólogo, Universidad de la Amazonía. Magíster en Agroecología y Desarrollo Rural Sostenible, Universidad Internacional de Andalucía, España. Docente medio tiempo de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), CEAD Florencia. Docente del semillero de investigación Raíces Amazónicas.

ORCID: <https://orcid.org/my-orkid?orkid=0009-0006-9486-3852>

E-mail: guillermo.artunduaga@unad.edu.co

Citación: Marín, R. y Artunduaga, G. (2025). Aportes del programa de desarrollo con enfoque territorial (PDET) a la sostenibilidad ambiental del municipio de Florencia, Caquetá. *Working Papers ECAPMA*, 9(1), 210 – 226.

<https://doi.org/10.22490/ECAPMA.9940>



RESUMEN

Contextualización: la implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible gestada por la ONU se orienta a lograr un desarrollo equilibrado en las dimensiones económica, social y ambiental en todos los territorios del mundo. En Colombia, esta agenda se articula con los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET), los cuales están diseñados para transformar las zonas rurales más afectadas por el conflicto. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2019), el departamento del Caquetá atraviesa desafíos institucionales para afrontar las desigualdades sociales y la degradación del ambiente, en caso particular, de acuerdo con el Plan General de Asistencia Técnica (PGAT, 2018), el municipio de Florencia presenta fragmentación de ecosistemas, disminución de la biodiversidad, reducción y contaminación de fuentes hídricas. Desde ese contexto, la investigación integrará tres líneas de investigación de la ECAPMA: Biodiversidad y Recursos Naturales, Desarrollo Rural, Gestión y Manejo Ambiental, proporcionando iniciativas para evaluar políticas y diseñar herramientas que impulsen la gobernanza ambiental para transformar la realidad del Caquetá hacia un futuro más sostenible y equitativo.

Vacío de conocimiento: se busca llenar el vacío de conocimiento relacionado con la integración efectiva de la sostenibilidad ambiental en la implementación de las políticas públicas en el municipio de Florencia.

Propósito: generar conciencia sobre la relevancia de incorporar en las políticas ambientales del municipio de Florencia, estrategias integrales para la conservación del recurso hídrico, determinando cómo han incidido los PDET en la protección de ríos y quebradas en las áreas rurales del municipio de Florencia, Caquetá.

Metodología: se empleó metodología cualitativa con enfoque hermenéutico que implicó una lectura crítica y recursiva, buscando comprender no solo lo que decían explícitamente los documentos, sino también sus implicaciones, las intenciones subyacentes y el contexto sociopolítico en el que fueron generados, recopilando y analizando información actualizada y relevante de informes gubernamentales, entre otros documentos con información sobre la implementación de los PDET en la subregión cuenca del Caguán y piedemonte caqueteño durante el periodo 2019- 2023.

Resultados y conclusiones: los resultados aquí expuestos coadyuvan a generar un análisis de las tendencias y



posiciones argumentativas sobre el impacto de las políticas públicas en la ruralidad florenciana, ya que los PDET no contemplan soluciones efectivas para las problemáticas de degradación de las fuentes hídricas. Durante el periodo 2019-2023 se evidencian limitaciones en el desarrollo sostenible ambiental, ya que la calidad del agua en zonas rurales

sigue siendo un problema con riesgos no identificados para la salud, así mismo se identificó que son nulas las estrategias planificadas y en ejecución para disminuir el vertimiento de contaminantes a ríos y quebradas.

Palabras clave: ambiente, desarrollo sostenible, política ambiental, recursos hídricos.

ABSTRACT

Contextualization: The implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development developed by the UN aims to achieve balanced development in the economic, social, and environmental dimensions in all territories of the world. In Colombia, this agenda is linked to the Development Programs with a Territorial Focus (PDET), which are designed to transform the rural areas most affected by the conflict. According to the United Nations Development Programme (UNDP, 2020), the Caquetá department faces institutional challenges to address social inequalities and environmental degradation. In particular, according to the General Technical Assistance Plan (PGAT, 2018), the municipality of Florencia shows fragmentation of ecosystems, decrease in biodiversity, and reduction and contamination of water sources. From that context, the research will integrate three lines of research from the ECAPMA; Biodiversity and Natural Resources, Rural Development, Environmental Management and Handling, providing initiatives to evaluate policies and design tools that promote environmental governance to transform the reality of Caquetá towards a more sustainable and equitable future.

Knowledge gap: The aim is to fill the knowledge gap related to the effective

integration of environmental sustainability in the implementation of public policies in the municipality of Florencia.

Purpose: To raise awareness about the relevance of incorporating comprehensive strategies for the conservation of water resources into the environmental policies of the municipality of Florencia, determining how the PDET have influenced the protection of rivers and streams in the rural areas of the municipality of Florencia Caquetá.

Methodology: A qualitative methodology was used with a hermeneutic approach that involved a critical and recursive reading, seeking to understand not only what the documents explicitly stated but also their implications, underlying intentions, and the sociopolitical context in which they were generated, gathering and analyzing updated and relevant information from government reports, among other documents containing information about the implementation of the PDET in the Caguán River Basin and Piedemonte Caqueteño subregion during the years 2019 to 2023.

Results and conclusions: The results presented here contribute to generating an analysis of the trends and argumentative positions regarding the impact of public policies on the Florencian rurality, as the PDET does not contemplate effective



tive solutions for the problems of the degradation of water sources. During the period 2019-2023, limitations in sustainable environmental development are evident, as water quality in rural areas remains a problem with unidentified health risks; likewise, it was identified

that there are no planned and executed strategies to reduce the discharge of pollutants into rivers and streams.}

Keywords: Environment, Sustainable Development, Environmental Policy, Water Resources.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo sostenible se aborda como una necesidad global de generar estrategias encaminadas hacia la transformación en los estilos de vida que están degradando los ecosistemas, garantizando la protección de los recursos naturales a través de un uso eficiente, equitativo y equilibrado que no afecte los servicios ecosistémicos para futuras generaciones, siendo este un objetivo fundamental en la Agenda Global 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015). Pero, a pesar de los mancomunados instrumentos normativos e institucionales para contrarrestar las problemáticas ambientales, las cifras e indicadores siguen mostrando situaciones desfavorables a nivel mundial. En los informes recientes sobre los logros de los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) de la Agenda 2030, la Red de España para el Desarrollo Sostenible (REDS, 2022) da a conocer la degradación de la biodiversidad terrestre y marina, además de la contaminación atmosférica; en adición, ONU (2023) reflexiona sobre la situación actual del mundo y afirma que los ODS enfrentan varios riesgos que pueden afectar su cumplimiento.

En Colombia, la falta de acciones efectivas hacia la sostenibilidad ambiental agrava la discrepancia entre la oferta limitada de recursos naturales y la cre-

ciente demanda de su uso en diferentes regiones del país. Gómez (2019) precisa que la institución gubernamental está alejada de la realidad local, por ende, priman los intereses particulares que limitan la gestión y proyección territorial sostenible. Desde esas afirmaciones, la sostenibilidad ambiental deja de ser un pilar del desarrollo, convirtiéndose en un obstáculo el interés particular.

Desde la firma del Acuerdo de Paz del 2016, en Colombia se han forjado coaliciones en busca de un impacto positivo en el desarrollo sostenible (Jurisdicción Especial para la Paz, 2016); así, los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET), gestados a partir del punto 1 de dicho acuerdo, como parte de la Reforma Rural Integral (Decreto Ley 893, 2017), exigen una planificación participativa en todos los niveles y con diversidad de grupos sociales, combinando el saber local con información contextualizada de las necesidades diferenciadas para establecer metas claras y precisas, siendo no solo un plan sino un proceso de empoderamiento de las poblaciones en sus territorios, que brinda herramientas para influir positivamente en la transformación de sus zonas de vida y la protección de los recursos naturales.

De acuerdo con el Programa de las



Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2019) el departamento del Caquetá presenta grandes retos institucionales, sociales y culturales, respecto a la implementación de acciones para superar los efectos negativos de la violencia en lo relacionado con las desigualdades sociales y el deterioro del ambiente. En Florencia, capital caqueteña y municipio priorizado por los PDET, se evidencia la necesidad de implementar estrategias públicas que disminuyan las problemáticas ambientales; desde el Plan General de Asistencia Técnica (PGAT, 2018) se precisa que la ubicación de asentamientos humanos en zonas de cordillera,

el inadecuado uso del suelo y la deforestación fragmentan los ecosistemas, disminuyendo su biodiversidad y contaminando fuentes hídricas, limitando las posibilidades de desarrollo sostenible.

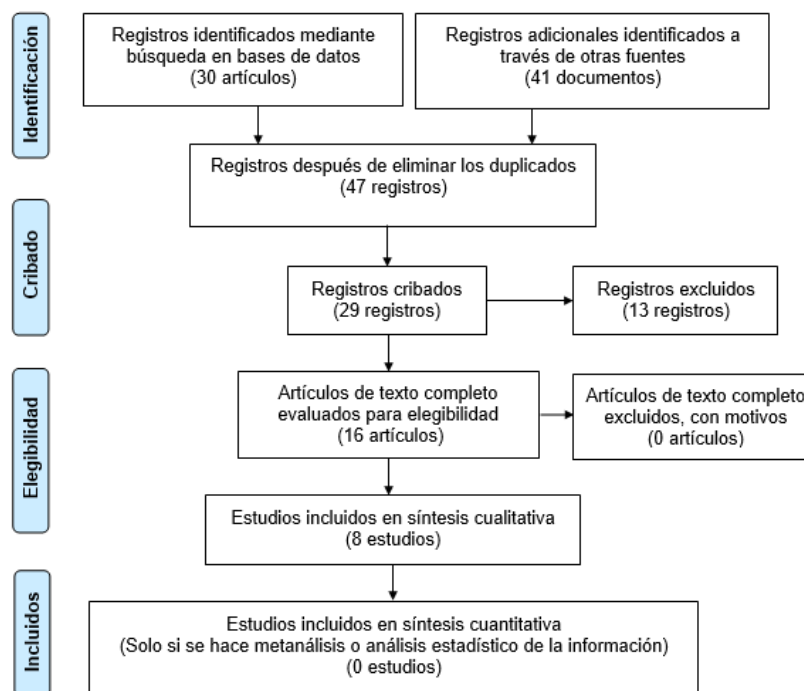
Es así como este documento plantea el análisis de la implementación de los PDET en la capital caqueteña frente al desarrollo sostenible en el ámbito ambiental, con la finalidad de aportar a la coyuntura nacional en desafíos significativos hacia la protección de la biodiversidad de los territorios colombianos.

2. METODOLOGÍA

Este estudio se enmarcó en una investigación cualitativa, siguiendo los postulados de Hernández y Mendoza (2018) que la conciben como un proceso de análisis y reflexión constante; dentro de ese marco, se adoptó un enfoque hermenéutico, iniciando con la delimitación del problema, centrado en la incidencia de las acciones ambientales implementadas por los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET) en las áreas rurales del municipio de Florencia y realizando una lectura crítica de los textos,


buscando identificar no solo lo que se expresaba explícitamente, sino también los significados implícitos, las intenciones subyacentes de los emisores y el contexto sociopolítico en el que se generaron. Se interpretaron las narrativas y discursos presentes en la información para comprender las complejidades y tensiones relacionadas con la implementación de los PDET y su impacto real en el ambiente hídrico local. El proceso de selección de documentos se dividió en cuatro fases como se ilustra la figura 1.

► **Figura 1.** Selección de documentos para la revisión documental



Nota. El diagrama muestra las fases de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de los documentos seleccionados para el estudio. Modificado de Moher et al., 2009.

Fuente: elaboración propia.



En la fase de identificación se realizó una búsqueda sistemática exhaustiva, combinando cuatro conceptos principales: política territorial, desarrollo sostenible, ambiente y recursos hídricos en registros gubernamentales del orden nacional, regional y local, informes de gestión para la transformación regional de los años 2019 al 2023, suministrados por la Alcaldía Municipal de Florencia y los avances de la página web de la Agencia de Renovación del Territorio (ART), así como información académica gestionada a través de las bases de datos en Scielo, Scholar Google, ScienceDirect, Scopus y Springer. En esta fase, se recopilaron inicialmente 30 artículos mediante la selección de títulos y resúmenes relacionados con el objeto de estudio en bases de datos y se complementó esta búsqueda con 41 documentos de artículos clave, literatura gris y consulta a expertos gestionados mediante los informes de entes territoriales del Caquetá.

Posteriormente, en la fase de cribado, se procedió a eliminar los registros duplicados de este conjunto inicial, resultando en un total de 47 registros únicos que fueron revisados con mayor detalle en su contenido, seleccionando 29 de ellos para la siguiente fase, mientras que 13

registros fueron excluidos por no cumplir con los criterios preliminares de relevancia.

La fase de elegibilidad se centró en la evaluación de los 29 registros seleccionados, realizando lectura del texto completo, excluyendo 13 documentos que no cumplieran con uno o más de los siguientes requisitos: validación del trabajo académico, realizado al menos parcialmente en Colombia e incluir información sobre política territorial, desarrollo sostenible, ambiente y fuentes hídricas, el estudio es relevante para el análisis de los PDET.

Finalmente, en la fase de Inclusión de los 16 artículos elegibles se incluyeron solamente 8 estudios en la síntesis cualitativa, tras una evaluación exhaustiva de la información necesaria y adecuada para el propósito de la investigación de acuerdo con las siguientes preguntas: ¿cómo han incidido los PDET en la protección de ríos y quebradas en las áreas rurales del municipio de Florencia, Caquetá?, ¿qué estrategias se han incorporado en las políticas ambientales del municipio de Florencia para la conservación del recurso hídrico?, ¿cuáles resultados se han obtenido con la implementación de estrategias de gestión ambiental con enfoque territorial?

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las políticas públicas desempeñan un papel fundamental en los territorios, ya que establecen el marco legal y normativo para la protección ambiental, proporcionando herramientas de regulación enmarcadas en la conservación de los recursos naturales; de esa manera, para Colombia, uno de los países más biodiversos del mundo, las políticas públicas aseguran la formulación e implementación de prácticas sostenibles para salvaguardar la biodiversidad y equilibrar el desarrollo socioeconómico con la sostenibilidad ambiental.

Arroyave (2011) hace un análisis sobre las insuficiencias de las políticas públicas en Colombia, señalando que, a pesar de promover empoderamiento, inclusión, participación y eficacia, predomina un modelo tecnocrático que omite a las comunidades afectadas y se enfoca en la legitimación electoral más que en la resolución efectiva de problemas, lo que permite afirmar que la mera existencia de un marco normativo no garantiza su éxito; la verdadera importancia de las políticas públicas radica en su capacidad para traducirse en acciones concretas, inversiones adecuadas y una articulación sistémica que responda a las particularidades de cada ecosistema y comunidad, asegurando así que la conservación de la biodiversidad y la gestión sostenible de los recursos sean

prioridades ineludibles para el bienestar presente y futuro de los territorios colombianos.

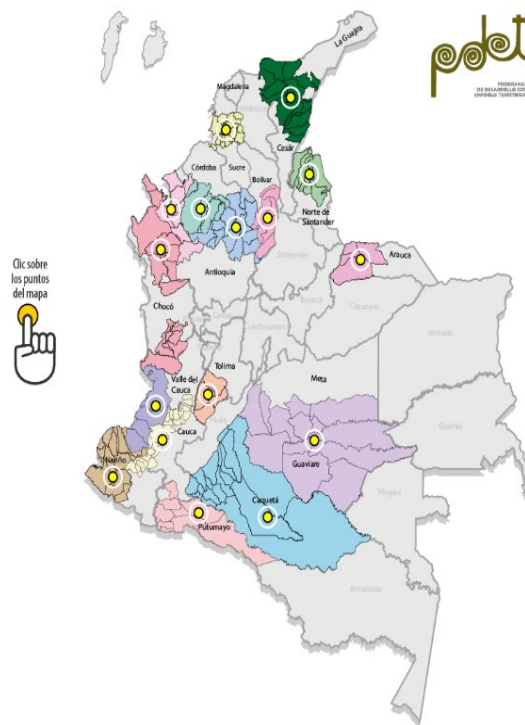
El marco normativo ambiental en Colombia sentó sus bases en 1974 con el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto 2811, 1974), posteriormente con la Constitución Política de 1991, se elevó a la categoría de derecho fundamental el gozar de un ambiente sano y estableció la obligación estatal y ciudadana de proteger los recursos naturales (Constitución Política de Colombia, 1991), y con la promulgación de la Ley 99 de 1993, se descentralizó la gestión ambiental, estableciendo instrumentos clave para la protección del ambiente. Aún con la existencia de un riguroso cuerpo normativo, García-Cabana (2022) señala que la evaluación de políticas públicas es fundamental para la gestión, pero su desarrollo y divulgación son limitados en Colombia, especialmente en el ámbito ambiental territorial con una marcada carencia de publicaciones y estudios, sugiriendo que el tema aún está en una etapa inicial de construcción, que la actividad evaluativa no se desarrolla con la rigurosidad necesaria o no se divulgan sus resultados. Esto infiere una brecha entre lo establecido legalmente y la aplicación real o, al menos, su documentación y

divulgación en espacios académicos accesibles, lo que conlleva a desarticulación entre los diferentes programas y proyectos municipales, departamentales y nacionales, falta de continuidad y baja intensidad en las políticas implementadas.

Lo anterior sugiere una revisión de la efectividad de las políticas ambientales, en este el caso, de los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET), los cuales representan estrategias claves para el desarrollo sostenible en 170 municipios priorizados en Colombia (Figura 2), promoviendo un proceso comunitario de integración de los pobla-

dores con acciones campesinas, asociativas y empresariales para armonizar la relación del sujeto con su comunidad y entorno (Decreto Ley 893, 2017). Toma importancia el análisis de los PDET en el desarrollo sostenible ambiental de Florencia, al integrarse a las regiones priorizadas, además de su estratégica ubicación en la Amazonía colombiana y por ser la capital del departamento del Caquetá (Figura 3), caracterizada por tener abundantes fuentes hídricas, exuberantes áreas naturales con alta biodiversidad de fauna y flora, las cuales están concentradas principalmente en la zona rural, ocupando alrededor del 90 % del territorio (PGAT, 2018).

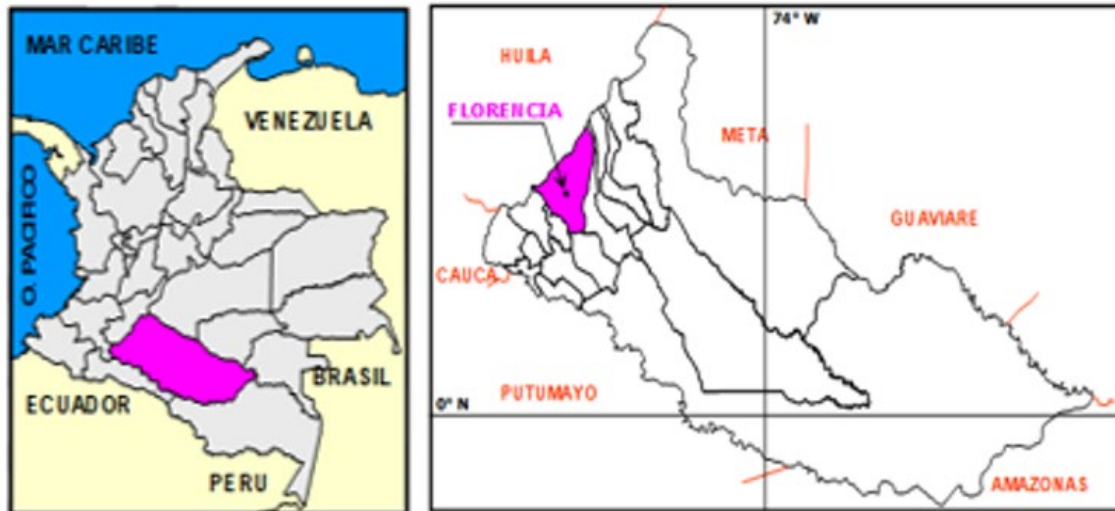
► **Figura 2.** Subregiones Priorizadas por el PDET



Nota. La figura muestra las subregiones PDET en Colombia.

Fuente: Agencia de Renovación del Territorio (ART), (2022)

► **Figura 3.** Ubicación del municipio de Florencia, Caquetá




Nota. La figura ubica a Florencia en Caquetá y Colombia.

Fuente: PGAT (2018).

En la planeación del PDET, Florencia se incluyó en la subregión cuenca del Caguán y piedemonte caqueteño, de esa forma se aprobó el Plan para la Transformación Regional (PTAR), construido mediante jornadas participativas con diferentes comunidades de los principales núcleos veredales de Florencia (Ordenanza 009, 2019). En el estudio de Salazar (2018) se describe que se puntualizaron 11 planeaciones en 152 veredas, 3 resguardos indígenas y una reserva forestal. En esta priorización, se identificó un vacío en la metodología de los PDET, al no contemplar los asentamientos subnormales distantes de las áreas urbanas del municipio, en los que prevalecen conflictos ambientales (Salazar, 2018). En estos asentamientos, al igual que en la mayor parte de las poblaciones rurales, las poblaciones carecen de sistemas de tratamiento de aguas residuales

y recolección de residuos sólidos, lo que ha conducido a que los ríos y quebradas sean receptores de desechos y aguas residuales.

Por otro lado, el informe de rendición de cuentas de paz 2023 de la Alcaldía de Florencia (2023) revela una articulación parcial de la política pública a la solución de la degradación de los recursos naturales, evidenciando para la subregión cuenca del Caguán y piedemonte caqueteño la aprobación de 8 proyectos, con poca incidencia en la protección de las fuentes hídricas. Los proyectos se centran en los siguientes pilares: (1) Ordenamiento Social de la Propiedad Rural y Uso del Suelo, (2) Infraestructura y Adecuación de Tierras, (3) Vivienda Rural, Agua Potable y Saneamiento y se enfocan en ejecutar un plan estratégico para frenar la deforestación e implementar estrategias de adaptación al



cambio climático, realizar mantenimiento de vías veredales y puentes colgantes, optimizar acueductos rurales y realizar estudios de diseño para descolmatar una quebrada. Aunque los proyectos representan un avance significativo en la protección de los recursos naturales del territorio florenciano, también plantean una contradicción importante. Esto se debe a que ignoran los impactos negativos del vertimiento de aguas residuales a ríos y quebradas por acciones antrópicas, las cuales están degradando el recurso hídrico hasta volverlo inutilizable, comprometiendo así el bienestar de la población y la biodiversidad de la región.

Según la Agencia de Renovación Territorial (2023), en su página web sobre inversión regionalizada, se identifica que para esta subregión al sector ambiental se le asignó solamente el 5 % del presupuesto aprobado para el sector transporte; esta desproporción en cifras, no solo margina el desarrollo ambiental sino que lo socava activamente, promoviendo un modelo de crecimiento económico que privilegia la infraestructura vial sobre la protección de los ecosistemas naturales.

Igualmente, se precisa que, aunque la inversión aprobada para el sector ambiental supera los 40 mil millones de pesos, desde una mirada parcial puede parecer significativa, sin embargo al analizar que está proyectada para ser ejecutada durante 11 años en 16 municipios del Caquetá y un municipio del Huila, la cifra se traduce a 214 millones de pesos

anuales, deduciendo que es una inversión ineficaz para superar las necesidades de la subregión cuenca del Caguán y piedemonte caqueteño, demostrando que la conservación de los recursos naturales no es una prioridad en la asignación de los recursos.

Esto revela una inconsistencia del PDET en conformidad con el artículo 4 del Decreto Ley 893 de 2017, incumpliendo el reconocimiento de las particularidades sociales, históricas, ambientales, culturales y productivas de los territorios, falla en el reconocimiento de la región como territorio biodiverso, considerado la Puerta de Oro de la Amazonía, ecosistema estratégico que requiere con urgencia la protección de su capital natural. Este diagnóstico, analizado con la evidencia académica en estudios de Gómez (2019), Perdomo-Perafán y Álvarez-Guayara (2022) y Álvarez Pinzón et al. (2021), permite corroborar la ineficacia de la política pública, señalando como causa de fondo la desarticulación sistémica entre el diseño de las políticas y los contextos locales.

Finalmente, se afirma que, para maximizar el impacto de los PDET en el desarrollo sostenible ambiental en el municipio de Florencia, es necesario transitar hacia una planificación y gestión ambiental estratégica y articulada a las realidades territoriales, contemplando inversiones integrales hacia la minimización de la contaminación de las fuentes hídricas y la conservación de la biodiversidad.

4. CONCLUSIONES

El análisis realizado para el periodo 2019-2023 en Florencia, Caquetá, revela que la implementación de los PDET ha generado un impacto desequilibrado y deficiente en la sostenibilidad ambiental. Aunque se lograron avances en infraestructura y condiciones socioeconómicas, estos esfuerzos resultaron ser meramente atenuantes al no abordar la problemática ambiental más crítica de la región representada en la sistemática contaminación de las fuentes hídricas por el vertimiento directo de aguas residuales.

La investigación documental evidencia que la ineficacia ambiental de los PDET en la protección del recurso hídrico en Florencia, Caquetá, no es un hecho aislado, sino la consecuencia de fallas sistémicas de gobernanza, traducidas en una profunda desarticulación entre el diseño de las políticas y las necesidades reales del contexto local.

Esta debilidad no solo perpetúa la degradación de ecosistemas acuáticos vitales para la población de Florencia, como la cuenca del río Hacha, sino que

también representa un incumplimiento directo de los objetivos de desarrollo sostenible, en particular el ODS 6, agua limpia y saneamiento, ya que el vertimiento sin tratamiento de aguas residuales contraviene directamente las metas del ODS 6 relacionadas con la mejora de la calidad del agua, la reducción de la contaminación y la eliminación de vertidos. La omisión de estas acciones esenciales impide garantizar el acceso universal y equitativo al agua potable segura y asequible, pilar central de este objetivo global.

Por tanto, resulta oportuno que los entes territoriales en sus procesos de planeación de los PDET reorienten las estrategias, lo que exige pasar de inversiones dispersas a inversiones focalizadas en saneamiento básico, fortalecer la articulación interinstitucional para la gobernanza del agua y, fundamentalmente, construir mecanismos de participación comunitaria que garanticen que las soluciones respondan a las problemáticas locales y fomenten más corresponsabilidad en la protección de los recursos naturales.

REFERENCIAS

- Agencia de Renovación del Territorio (ART), (2022). *Municipios PDET Subregiones*. https://portal.renovacionterritorio.gov.co/Publicaciones/municipios_pdet_subregiones
- Agencia de Renovación del Territorio [ART]. (2023). *Inversión regionalizada*. Portal web de la ART. <https://centralpdet.renovacionterritorio.gov.co/inversion-subregional/>
- Alcaldía de Florencia. (2023). *Informe de Rendición de Cuentas de Paz – 2023. Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial – PDET*. <https://www.florencia-caquetta.gov.co/informes-de-rendicion-de-cuentas/informe-de-rendicion-de-cuentas-pdet-2023>
- Álvarez Pinzón, D. A, Mendoza Alfonso, A. P., Idrobo Velasco, J. A. y Pinzón Rueda, J. A. (2021). Enfoque territorial y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial en Colombia y su papel en la sostenibilidad social. *Revista Análisis Jurídico-Político*, 3(6), 147-168. <https://doi.org/10.22490/26655489.4782>
- Arroyave, S. (2011). *Las políticas públicas en Colombia. Insuficiencias y desafíos*. *Revista Forum*, 1(1) 95-111. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3989279>
- Constitución Política de Colombia. (1991). *Art. 79 de 1991*. <https://www1.funcionpublica.gov.co/documents/418537/37742455/constitucion-politica-de-colombia-91.pdf/10e1ba89-82ef-4c36-543d-447d99a6a17d>
- Decreto 2811 de 1974. *Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Presidencia de la República de Colombia. Diciembre 18 de 1974. DO. 34243. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>
- Decreto Ley 893 de 2017. *Por el cual se crean los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial – PDET*. Presidencia de la República de Colombia. Mayo 28 de 2017. DO. 50247. <https://www1.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=81856>

- García-Cabana, A. C. (2022). Estado del arte de la evaluación de la política pública de planeación territorial ambiental en Colombia. *Revista Geográfica de América Central*, 68, 55-78. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-25632022000100055&script=sci_arttext
- Gómez, L. (2019). *La gestión ambiental en el Programa de desarrollo con enfoque territorial (PDET) de la cuenca del Caguán y el piedemonte caqueteño*. [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. <https://apidspace.javeriana.edu.co/server/api/core/bitstreams/0f05eff5-91bb-4363-967d-c41dd139447a/content>
- Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación - Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana. <https://bellasartes.upn.edu.co/wp-content/uploads/2024/11/METODOLOGIA-DE-LA-INVESTIGACION-Sampieri-Mendoza-2018.pdf>
- Jurisdicción Especial para la Paz [JEP]. (2016). Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Duradera. Gobierno Nacional de Colombia. <https://www.jep.gov.co/Normativa/Paginas/Acuerdo-Final.aspx>
- Ley 99 de 1993. *Por el cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones*. Diciembre 22 de 1993. DO. 41146. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Ordenanza 009. (2019). Por medio de la cual se adopta el Plan de Acción del Programa de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET) en el departamento del Caquetá. Julio 18 de 2019. <http://www.asamblea-caqueta.gov.co/proyectos-de-ordenanzas/ordenanza-no-009-del-18-de-julio-de-2019>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2015). *Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 septiembre 2015. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf

- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2023). *Informe sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2023*. Edición especial. <https://peru.un.org/es/239339-informe-sobre-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-2023-edici%C3%B3n-especial>
- Plan General de Asistencia Técnica [PGAT]. (2018). *Plan General de Asistencia Técnica Agropecuaria de municipio de Florencia Caquetá*. [Archivo PDF].
- Perdomo-Perafán, A. y Álvarez-Guayara, D. (2022). Valoración ambiental del transecto del río Hacha en la comuna norte de la ciudad de Florencia Caquetá. *Revista Environment & Technology*, 2(2), 35-54. <https://doi.org/10.56205/ret.2-2.3>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2019). *Retos y desafíos para el Desarrollo Sostenible Caquetá*. <https://www.undp.org/es/colombia/publicaciones/informe-anual-pnud-2019>
- Red de España para el Desarrollo Sostenible [REDS]. (2022). *Informe de Desarrollo Sostenible 2023*. <https://reds-sdsn.es/informe-sobre-desarrollo-sostenible-2022/>
- Salazar, A. (2018). *Retos y posibilidades de cara a la construcción de paz en los programas de desarrollo con enfoque territorial en Florencia, Caquetá*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Antioquia]. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/042a875d-cffe-4cb0-b73d-d0acaeced214/content>



Licencia de Creative Commons

Revista Working Papers ECAPMA is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.