



Revista Científica  
**LA CALERA**

**ISSN 1998 - 7846**  
Volumen 25 - N° 45, diciembre 2025



## Información General

### REVISTA CIENTÍFICA DE LA UNA

#### Colaboraciones

Con el propósito de promover mayor publicación de información generada por personas e instituciones relacionadas con las ciencias Agropecuarias y ambientales, y agilizar el proceso de edición e impresión de la revista, las colaboraciones (artículos, notas técnicas, etc.) solicitamos sean enviadas a la siguiente dirección:

Universidad  
Nacional Agraria  
(UNA)

Dirección Académica  
Apartado postal 453  
Managua, Nicaragua

(505) 2233-1265 / 2233-1267

[donald.juarez@ci.una.edu.ni](mailto:donald.juarez@ci.una.edu.ni)  
Sítio web: [www.una.edu.ni](http://www.una.edu.ni)

Revista La Calera:  
<https://lacalera.una.edu.ni>

**La Revista La CALERA** es una publicación nacional y regional sobre avances y aplicaciones de las ciencias agropecuarias, forestales y ciencias ambientales en Nicaragua, para promover un aprovechamiento de los Recursos Naturales más acorde a las posibilidades ecológicas y necesidades sociales de la región.

Está dirigida a satisfacer las necesidades de información de investigadores, extensionistas, técnicos, agrónomos, zootecnistas, médicos veterinarios, forestales y planificadores en el campo de las ciencias agropecuarias y de los recursos naturales.

**¿Por qué la Calera?** La revista científica de la Universidad Nacional Agraria toma su nombre como un tributo a la historia de la investigación agropecuaria en Nicaragua. El primer centro experimental agropecuario de la región del pacífico de Nicaragua fue establecido en la hacienda La Calera, ubicada en km 12 ½ de la carretera Norte Managua, sitio ocupado en la actualidad por la Universidad Nacional Agraria.

**Esta publicación es editada** por la Dirección Académica de la Universidad Nacional Agraria a través de la Dirección del Departamento de Investigación e Innovación.

**Datos de publicación:** La Revista La Calera, es una publicación semestral (junio y noviembre) en versión impresa y electrónica; es editada en español y se distribuyen en forma gratuita a docentes investigadores, profesionales e instituciones colaboradoras de la UNA. Se autoriza la reproducción parcial o total de la información contenida en esta revista, siempre y cuando se cite la fuente.

**La Revista La CALERA** no asume la responsabilidad por las opiniones y afirmaciones expresadas por los autores en sus páginas. Las ideas expresadas por los autores no reflejan necesariamente el punto de vista de la institución.

La revista científica La Calera se encuentra en el catálogo 2.0 de Latindex :  
<https://www.latindex.org/latindex/ficha/9618>

e indizada en los siguientes directorios, catálogos y repositorios:

BIBLAT (Bibliografía Latinoamericana): <https://biblat.unam.mx/es/revista/la-calera>

DIALNET: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=28057>

Directorio de revistas de acceso abierto (DOAJ): <https://doaj.org/>

Catálogo en línea CENIDA: <https://cenida.una.edu.ni>

Central American Journal OnLine (CAMJOL): <https://camjol.info/index.php/CALERA>

Crossref: <https://search.crossref.org/?q=La+calera>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/revista.oa?id=7858>

Repositorio Centroamericano SIIDCA: <https://repositoriosiidca.csuca.org/>

Repositorio Institucional UNA: <https://repositorio.una.edu.ni/>

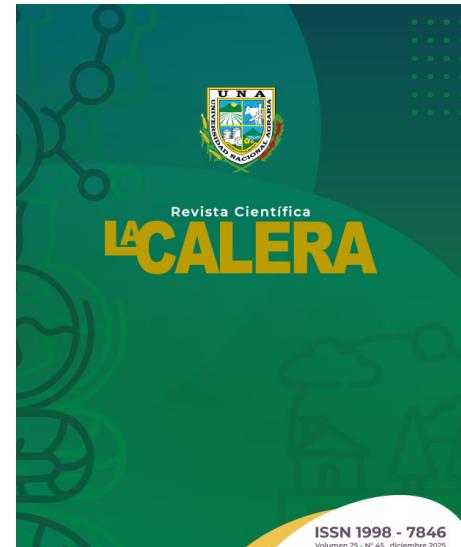


Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo [donald.juarez@ci.una.edu.ni](mailto:donald.juarez@ci.una.edu.ni)

Copyright 2025. Universidad Nacional Agraria

#### Revista La Calera

Revista Científica de la Universidad Nacional Agraria, volumen 25, N° 45, diciembre, 2025.  
Publicación semestral: ISSN 1998 – 7846 (versión impresa) \* 1998 – 8850 (versión electrónica).  
Publicaciones periódicas, Nicaragua, Agricultura, Universidad Nacional Agraria.



ISSN 1998 - 7846  
Volumen 25 - N° 45, diciembre 2025

# Publicación de la Universidad Nacional Agraria (UNA)

## Autoridades Institucionales

Ing. Bosco Martín Castillo Cruz  
Rector

Dra. Luz Adilia Luna Olivares  
Vicerrectora

MSc. Evelyn María Aguilar Salazar  
Secretaria General

## Consejo editorial:

### Director

MSc. Donald Juárez Gámez  
Departamento de Investigación  
[donald.juarez@ci.una.edu.ni](mailto:donald.juarez@ci.una.edu.ni)

### Editor

MSc. Roberto C. Larios González  
Departamento de Investigación  
[roberto.larios@ci.una.edu.ni](mailto:roberto.larios@ci.una.edu.ni)

### Miembros

Dr. Fernando Mendoza Jara  
Universidad Nacional Agraria, Nicaragua  
[fmdmendoza@ci.una.edu.ni](mailto:fmdmendoza@ci.una.edu.ni)

Dr. Pedro Pablo del Pozo Rodríguez  
Universidad Agraria de La Habana, Cuba  
[delpozo@unah.edu.cu](mailto:delpozo@unah.edu.cu)

Dr. Leonardo Mendoza Blanco  
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua  
UNAN-León  
[lmendoza@ct.unanleon.edu.ni](mailto:lmendoza@ct.unanleon.edu.ni)

Dra. Maricela María González Pérez  
Universidad de Pinar del Río, Cuba  
[maricela@upr.cu](mailto:maricela@upr.cu)

Dr. Róger E. Sánchez Alonso  
Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua  
[roger.sanchez@di.uni.edu.ni](mailto:roger.sanchez@di.uni.edu.ni)

MSc. Juan Asdrúbal Flores Pacheco  
Bluefields Indian & Caribbean University (BICU)  
[asdrubal.fllores@do.bicu.edu.ni](mailto:asdrubal.fllores@do.bicu.edu.ni)

Dra. Beverly Estela Castillo Herrera  
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,  
UNAN-Managua, CUR - Estelí  
[bcastillo@unan.edu.ni](mailto:bcastillo@unan.edu.ni)

PhD. Carlos Alberto Zúniga-González  
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua  
(UNAN-León)  
[czunga@ct.unanleon.edu.ni](mailto:czunga@ct.unanleon.edu.ni)

MSc. Teisey Teresa Allen Amador  
Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa  
Caribe Nicaragüense (URACCAN), Nicaragua  
[teisey.allen@uraccan.edu.ni](mailto:teisey.allen@uraccan.edu.ni)

Dra. Alba Veranay Díaz Corrales  
Universidad Nacional de Ingeniería, CUR - Estelí,  
Nicaragua  
[alba.diaz@norte.uni.edu.ni](mailto:alba.diaz@norte.uni.edu.ni)

MSc. Cristina Margareta Mori Alvez  
Universidad de la República Oriental del Uruguay  
[moricristina332@gmail.com](mailto:moricristina332@gmail.com)

## Diagramación / Soporte técnico

Ing. Ernesto Correa Vásquez  
Universidad Nacional Agraria, Nicaragua  
[ecorrea@ci.una.edu.ni](mailto:ecorrea@ci.una.edu.ni)

# Contenido

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

FAUNASILVESTRE QUE SE ALIMENTA DE FRUTOS DE CACAO EN PLANTACIONES DE RÍO SAN JUAN, NICARAGUA. Miguel Garmendia-Zapata, Kevin Ramírez, Yuri Alemán, Oscar Bermúdez, Andrés López, Wilmer Rodríguez.

P 83-90

ESTRATEGIAS PARA PROMOVER UNA CONVIVENCIA ARMONIOSA ENTRE LA FAUNA SILVESTRE Y LA PRODUCCIÓN DE CACAO. Miguel Garmendia-Zapata, Kevin Ramírez, Yuri Alemán, Oscar Bermúdez, Andrés López, Wilmer Rodríguez.

P 91-99

ENTOMOFAUNA PRESENTE EN LA ETAPA INICIAL DE DESARROLLO DE ÁRBOLES PLANTADOS EN BOSQUE LATIFOLIADO, PANZÓS, ALTA VERAPAZ, GUATEMALA. Claudia Elizabeth Toledo-Perdomo, María Floridalma Miguel-Ros, Homero Javier Castañón Morán, José Luis Morán Torres.

P 100-111

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN NICARAGUA: UN ANÁLISIS DESDE LA SANIDAD VEGETAL. Juan Carlos Morán Centeno.

P 112-120

## DESARROLLO RURAL

TURISMO RURAL COMO ALTERNATIVA DE DESARROLLO LOCAL EN NICARAGUA. Carmen Añielka Arróliga Montenegro, María Estela López Aburto.

P 121-127

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

CONTRIBUCIÓN DE ÁREAS VERDES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA (UNAN-LEÓN), EN LA CAPTURA DE CARBONO ATMOSFÉRICO. Oscar González-Quiroz, Gonzalo Centeno-González, María Eugenia Cerda Castillo, Aquiles Alexander Reyes, Japhet Gimel Medrano Peralta, Tamauri Estephany Rayo Ríos, Juan Antonio Vallejos Pichardo, Guillermo Santiago López Rivas.

P 128-135

SISTEMA ACUAPÓNICO INTEGRADO POR TILAPIA (*Oreochromis niloticus* L.) Y TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) COMO ESTRATEGIA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA EN PRODUCCIÓN A PEQUEÑA ESCALA. Frankling Alexander Calero Montano, Cristofer Antonio Oliva Hernández, Denis Joel Ruiz Hernández, Donald Alonso Juárez Gámez, Roberto Carlos Larios González.

P 136-143

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

CONTROL BIOLÓGICO DE *Radopholus similis* (COBB) THORNE MEDIANTE EL USO DE BACTERIAS Y HONGOS ENDÓFITOS EN *Musa paradisiaca* L. Markelyn Rodríguez-Zamora, Juan Carlos Morán Centeno, Jorge Ulises Blandón-Díaz, Alfonso Martinuz.

P 144-151

DESINFECCIÓN Y VIABILIDAD *in vitro* DE MICORRIZAS ARBUSCULARES ASOCIADAS A LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.) PARA LA ESCALABILIDAD DE INOCULANTES NATIVOS DE ALTA PUREZA. Andrea María Zamora Jarquín, Ericka Olmara Cabezas Fonseca, Carlos Ernesto Orozco Noguera, Jael Bildad Cruz Castillo.

P 152-160

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

RELACIÓN DEL ARTE DE PESCA Y CARNADAS CON LA PESCA INCIDENTAL DE TORTUGAS MARINAS EN LA RESERVA NATURAL ESTERO PADRE RAMOS, CHINANDEGA, NICARAGUA. Miguel Garmendia-Zapata, Heraldo Salgado, Ronald Miranda, Jorge Lezama, Heydi Salazar.

P 161-167

# RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

## Fauna silvestre que se alimenta de frutos de cacao en plantaciones de Río San Juan, Nicaragua

### Wildlife feeding on cacao fruits in plantations in Río San Juan, Nicaragua

**Miguel Garmendia-Zapata<sup>1</sup>, Kevin Ramírez<sup>2</sup>, Yuri Alemán<sup>3</sup>, Oscar Bermúdez<sup>4</sup>, Andrés López<sup>5</sup>, Wilmer Rodríguez<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> MSc. Biología Ambiental y de Bosques – Ecología, Universidad Nacional Agraria, Dirección de Ciencias Ambientales y Cambio Climático, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9080-7670> / garmendiaz@ci.una.edu.ni

<sup>2</sup> Ingeniero en Recursos Naturales, Universidad Nacional Agraria, Dirección de Ciencias Ambientales y Cambio Climático, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6038-0223> / kevin.ramirez@ci.una.edu.ni

<sup>3</sup> Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria, Dirección de Ciencias Ambientales y Cambio Climático, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2161-9545> / yuri.aleman@ci.una.edu.ni

<sup>4</sup> Licenciado en Biología, Técnico Seguimiento Proyecto Río San Juan, Amigos de la Tierra España, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7671-7795> / obermudezadte@gmail.com

<sup>5</sup> MSc. Tecnologías de la Información Geográfica, Universidad Nacional Agraria, Dirección de Ciencias Ambientales y Cambio Climático, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8070-3694> / andres.lopez@ci.una.edu.ni

<sup>6</sup> Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria, Dirección de Ciencias Ambientales y Cambio Climático, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0326-4901> / wilmer.rodriguez@ci.una.edu.ni



## RESUMEN

Los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao L.*) conservan diversidad biológica de fauna silvestre. Algunas especies frugívoras se alimentan de los frutos del cacao, provocando ciertas reacciones por parte de los productores. El presente estudio tuvo por objetivo describir el contexto de la relación entre la fauna silvestre y la producción de cacao, con el fin de que sirva de base para, posteriormente, definir estrategias que promuevan la convivencia entre las dos partes. La información fue obtenida por medio de grupos focales, entrevistas, encuestas, observaciones de campo y revisión de literatura. Las especies de fauna silvestre que se alimentan de los frutos de cacao son, principalmente, ardilla (*Sciurus variegatoides*), mono araña (*Ateles geoffroyi*) y pájaro carpintero (*Melanerpes hoffmannii*), según los productores; también fueron mencionadas cuyuso (*Potos flavus*), guardatinaja (*Cuniculus paca*), mono cara blanca (*Cebus imitator*) y mono congo (*Alouatta palliata*). Para unos productores, el daño a los frutos del cacao puede estar afectando la economía de ellos, mientras

## ABSTRACT

Agroforestry cacao (*Theobroma cacao L.*) systems conserve biological diversity of wildlife. Some frugivorous species feed on cacao fruits, causing certain reactions from producers. The objective of this study was to describe the context of the relationship between wildlife and cacao production, in order to serve as a basis for later defining strategies that promote coexistence between the two. Information was obtained through focus groups, interviews, surveys, field observations, and literature review. The wildlife species that feed on cacao fruits are mainly squirrels (*Sciurus variegatoides*), spider monkeys (*Ateles geoffroyi*), and woodpeckers (*Melanerpes hoffmannii*), according to producers; they also mentioned kinkajous (*Potos flavus*), pacas (*Cuniculus paca*), white-faced capuchins (*Cebus imitator*), and howler monkeys (*Alouatta palliata*). For some producers, fruit damage caused by wildlife may be affecting their economy, while others think that damage is minimal, although it likely depends on the dynamics of production

Recibido: 21 de mayo del 2025  
Aceptado: 10 de septiembre del 2025



Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo donald.juarez@ci.una.edu.ni

© Copyright 2025. Universidad Nacional Agraria (UNA).

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

que, para otros el daño es mínimo, pero probablemente dependa de la dinámica de los picos de producción. Las especies de fauna silvestre que se alimentan de los frutos del cacao viven dentro de la plantación; sin embargo, algunos pueden provenir de áreas colindantes. El manejo y el estado de la plantación de cacao puede estar relacionado con la presencia, en mayor o menor medida, de la fauna silvestre. Con este estudio se ha recopilado información para describir la relación entre fauna silvestre y producción de cacao, en aras de dilucidar ideas y futuras investigación que promuevan la conservación de la fauna silvestre y permita una adecuada producción de cacao.

**Palabras clave:** especies frugívoras, producción de cacao, conservación, biodiversidad.

**L**a producción de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Nicaragua aumentó un 20 % durante el ciclo 2022/2023 (Ministerio Agropecuario [MAG], 2023), lo que resalta la relevancia de este cultivo para el país. En la región de Río San Juan (zona sur del país), muchos productores se dedican al cultivo del cacao, lo que, combinado con otras actividades económicas, contribuye a su bienestar y seguridad alimentaria. Sin embargo, estos cultivos forman parte de sistemas agroforestales que, aunque favorecen la biodiversidad al albergar fauna silvestre, también enfrentan el desafío del "conflicto humano-fauna silvestre", ya que diversas especies terrestres consumen los frutos del cacao (Asare *et al.*, 2009).

Los daños ocasionados por los animales silvestres en los cultivos pueden afectar la seguridad alimentaria al reducir las cosechas (Hill, 2000). En áreas protegidas como el Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos en Río San Juan, este hecho puede generar un cambio negativo en la percepción de los productores hacia la fauna silvestre responsable del daño, lo que representa un obstáculo para los esfuerzos de conservación (Osborn y Parker, 2002). Ante este escenario, es fundamental describir el contexto particular con el objetivo de entender la situación como base a proponer estrategias que promuevan la convivencia entre los productores de cacao y la fauna silvestre, comprendiendo la relación entre ambos y las causas que llevan a los animales a alimentarse de los frutos del cacao. Este estudio se plantea como un estudio de caso, cuyo propósito es describir la situación, formular hipótesis y generar preguntas que orienten futuras líneas de investigación.

### MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El estudio se realizó en las comunidades Papaturro, El Coral y Santa Elena del Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos y en Las Azucenas en el municipio de San Carlos, departamento de Río San Juan, en la zona Sur de Nicaragua. En estas comunidades, el cultivo del cacao es muy popular, por lo que se trabajó directamente con productores de cacao que trabajan en asociación con las organizaciones

peaks. Wildlife species that feed on cacao fruits live within the plantation; however, some may come from surrounding areas. The management and condition of the cacao plantation may be related to the greater or lesser presence of wildlife. This study has gathered information to describe the relationship between wildlife and cacao production, with the aim of fostering ideas and future research that promote wildlife conservation and ensure proper cacao production.

**Keywords:** Frugivorous species, cacao production, conservation, biodiversity.

Amigos de la Tierra y ASODELCO (Asociación para el Fomento Local Ecosostenible). En la zona, predominan ecosistemas como humedales, sistemas agropecuarios, vegetación natural y sabana anegada de graminoides (plantas con tallos no leñosos) altos con árboles latifoliados (hoja ancha) y presencia de palmas (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales [MARENA], 2016).

**Procedimiento metodológico.** Esta es una investigación de enfoque cualitativo, del tipo Estudio de Caso, cuya finalidad fue realizar una descripción detallada del caso particular de la relación fauna silvestre – plantaciones de cacao en sistemas de producción de cacao en Río San Juan. Como estudio de caso, esta investigación no pretende poner a prueba hipótesis, más bien se pretende generar hipótesis a partir de preguntas que surjan durante la contextualización de la situación y a proponer estrategias de conservación. Este estudio estuvo orientado a la obtención de información a través de consulta a productores de cacao, observación directa en las fincas y revisión exhaustiva de la literatura.

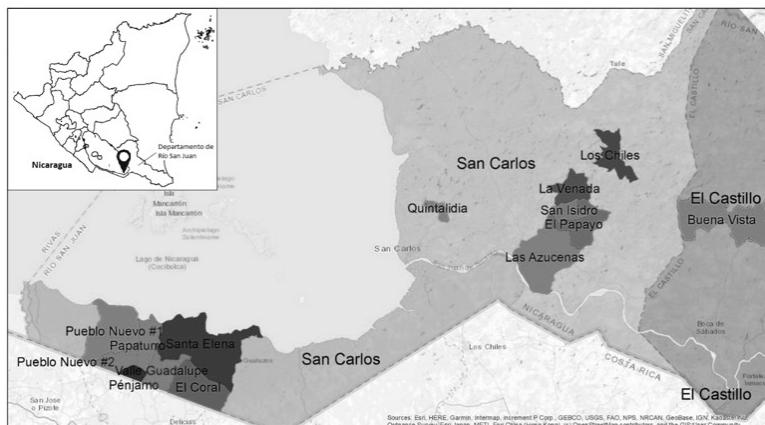
Para determinar las especies que se alimentan de los frutos de cacao, se implementaron tres grupos focales con los productores. También se incluían en la conversación a los compañeros del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), de la organización Amigos de la Tierra y de ASODELCO.

Debido a la dinámica de la cosecha de los frutos de cacao y a las fechas en la que se realizó el estudio, no fue posible colectar datos para determinar un porcentaje de daño con precisión. Para generar una idea del daño, se les consultó a los productores y se establecieron parcelas de 20 m x 50 m en 11 áreas de cacao. Dentro de ellas se contaron todos los frutos mordidos, tanto los recientemente mordidos (una semana antes del conteo), como aquellos que yacían en el suelo o en los árboles y que habían sido mordido hasta 22 días antes del conteo.

Con la finalidad de determinar los patrones de desplazamientos de la fauna silvestre que se alimenta del cacao, se realizó una encuesta a 13 productores de las

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

comunidades Papaturro (2 productores), El Coral (5), Santa Elena (2) y Las Azucenas (4); aprovechando la oportunidad, también se encuestaron a cinco productores de otras comunidades aledañas, incluyendo La Venada (2), San Isidro (1), San José (1), y Valle Guadalupe (1). Las preguntas estaban dirigidas a determinar las rutas de desplazamiento de las especies y las épocas del año en que se desplazan, tomando como referencia central las plantaciones de cacao.



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio en las comunidades Papaturro, El Coral, Santa Elena y Las Azucenas, al suroeste del departamento de Río San Juan, Nicaragua.

**Análisis de la información.** La información generada mediante las respuestas a las preguntas realizadas a los participantes en los grupos focales, entrevistas y encuestas, fue analizada de forma cualitativa y cuantitativa, mediante una organización lógica de la información en temas y subtemas que contemplaba la descripción y la argumentación principal de los participantes. Cada argumento fue clasificado y codificado para ser introducido en una tabla de datos, con la finalidad de organizarlos y de contar la frecuencia con la que los productores los repetían. En la mayoría de las ocasiones, se contabilizaron las frecuencias de respuesta a ciertas preguntas y se presentaron como porcentajes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Contexto de la fauna silvestre que se alimenta de los frutos de cacao.** Los productores a través de los grupos focales, entrevistas y encuestas confirmaron que, según su percepción y experiencia de campo, las especies de fauna silvestre que se alimentan de los frutos de cacao son ardilla (*Sciurus variegatoides*), cuyuso (*Potos flavus*), guardatinaja (*Cuniculus paca*), mono araña (*Ateles geoffroyi*), mono cara blanca (*Cebus imitator*), mono congo (*Alouatta palliata*) y pájaro carpintero (*Melanerpes hoffmannii*); de estas las mencionadas con más frecuencia fueron ardilla, mono congo y pájaro carpintero. El daño al fruto del árbol de cacao se define como la apertura de este para sustraer las semillas y el mucílago que las envuelve. Se registraron 95 afirmaciones

relacionadas a la descripción del daño, las cuales se agrupan en: Formas de alimentación y marcas, descripción del daño al fruto (mazorca) y preferencia de fruto de cacao. Amaya (2020) reporta para áreas productivas de cacao en El Salvador, que la ardilla se alimenta de los frutos de cacao; también hace referencia a una especie de pájaro carpintero (*Melanerpes aurifrons*), Peralta-Zapata (2019) menciona a especies de los géneros *Melanerpes* (pájaros carpinteros), *Cebus* (monos cara blanca) y a la especie *Potos flavus* que se alimentan del cacao. López *et al.* (2014) confirman que las ardillas están dentro de las principales especies de fauna silvestre que afectan los frutos de cacao. Para las especies guardatinaja, mono araña y mono congo no fue encontrada referencia sobre el acto de alimentarse de frutos de cacao.

**Formas de alimentación y marcas.** Al alimentarse de los frutos del cacao, las ardillas abren un orificio de forma ovalada de aproximadamente 10 cm de alto por 7 cm de ancho, en uno de los lados. La marca de sus incisivos queda en la orilla de los agujeros abiertos. Después de abrir el orificio, estas comen el mucilago que recubre las semillas, las cuales caen al suelo. El pájaro carpintero utiliza su pico para abrir un agujero de unos 2 cm de diámetro en uno de los costados del fruto, por donde absorbe y/o lame el mucilago que acompaña a las semillas del cacao. Amaya (2020) describe las marcas en los frutos dejadas por ardillas y pájaros carpinteros, las cuales son similares a las observadas en este estudio. El cuyuso muerde por debajo de la mazorca por donde sustrae las semillas, con esta forma de consumo se rompe casi el 50 % de la mazorca. Se presume que las semillas son tragadas completamente por esta especie. Los monos (mono araña y mono cara blanca) rompen en pedazo el fruto del cacao, para aprovechar el mucilago y las semillas, en ocasiones arrancan los frutos del árbol causando daños a los botones florales y a la corteza.

**Descripción del daño al fruto (mazorca).** Los frutos al ser mordidos por ardillas o picado por pájaros carpinteros (quienes dejan aún semillas dentro) sufren pudrición, cambio de coloración y no se pueden utilizar pasado cinco días. Al entrar el aire y el agua en ello, el mesocarpio cambia de color blanco a rojizo y posteriormente a gris-negruzco, indicando una pérdida en la calidad. Las ardillas, se mueven ágilmente probando y abriendo orificios en varios frutos. Los monos, en particular, su llegada a las áreas es menos frecuentes (exceptuando en una de las fincas) pero al llegar un grupo familiar de entre 5 y 30 miembros, pueden consumir y dañar muchos frutos de cacao en un corto período de tiempo.

**Preferencia de fruto de cacao.** Según las experiencias fundamentadas en las observaciones *in situ*, los productores

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

no consideran que los monos tengan preferencia por alguna característica particular de los frutos, ya que estos se alimentan de frutos verdes o maduros, de cualquiera de las variedades. Los pájaros carpinteros, en lo general, prefieren el fruto maduro, independientemente de la variedad. Pero, las ardillas son más selectivas en términos de los frutos que muerden y comen. Los productores de cacao en los grupos focales y entrevistas manifestaron reiteradamente que las ardillas prefieren los frutos con las mejores características de aroma y sabor, en especial los que tienen el mucílago dulce, particularmente, cuando están maduros o aproximándose a su madurez. A esto se adiciona, que los frutos apetecidos por las ardillas tienen el epicarpio y mesocarpio (cáscara) más delgado. Estas características coinciden con los frutos que los productores consideran “de mejor calidad” y se pueden encontrar en las variedades criollas o “acirolladas”. Sin embargo, las ardillas no se limitan a morder los frutos maduros, también muerden los frutos verdes. Lo anterior hace que las ardillas determinen y localice los árboles que producen frutos de su preferencia y se alimenten de esos frutos de manera constante. De acuerdo con la información brindada por los productores y a las observaciones *in situ*, no existen evidencias suficientes para afirmar que las ardillas tienen una preferencia por el color o la textura de la cascara, aunque algunos productores piensan que prefieren los frutos amarillos, antes que los rojos; sin embargo, también fueron encontrados frutos rojos mordidos, pero efectivamente en menor cantidad. No podríamos deducir que las ardillas tienen al color como un factor de selección. Molina y Briceño (2018) no determinaron diferencias significativas entre los frutos con daños y sin daños en cuanto a color y grosor de la cáscara.

**Aproximaciones a la cantidad de daño.** El daño no pudo ser estimado, principalmente porque, para ello, se requiere el monitoreo exhaustivo, a lo largo del año, de la cantidad de frutos cosechado o producidos versus la cantidad de fruto mordido; sin embargo, se colectó información para hacer comparativas a nivel de los sitios visitados. Durante los grupos focales, algunos productores proporcionaron información con la cual se pudo hacer estimaciones rápidas de una tasa de daño, por ejemplo, un productor de la comunidad Las Azucenas, afirma que, para su última cosecha en la estación seca (en la que presentaron las mayores afectaciones a lo largo del año) de 500 frutos, 100 estaban mordidos por fauna silvestre, esto equivale a 20 %. Un productor en la misma comunidad afirmó que el daño en su plantación era del 50 %; otro que, de cada 15 frutos, 10 presentan mordidas de ardillas, o sea un 66.7 %. En una finca en la comunidad Papaturro, altamente visitada por monos, el productor afirma haber esperado una producción de 801.8 kg (1 764 libras) de semilla, pero obtuvo 22.7 kg (50 libras), lo que se traduce en 779.1 kg (1 714 libras) de semillas perdidas por daño de

la fauna silvestre, esto supone una pérdida del 97 %. En una de las fincas de la comunidad Las Azucenas, en un cúmulo de frutos apilados, se contabilizaron un total de 153 frutos, de los cuales 10 estaban dañados por pájaros carpinteros y ardillas, lo que equivale a 6.5 %.

Durante la visita al área de estudio en el mes de agosto (de 6 al 9 de agosto del 2024), se les consultó a varios productores (por separados), sobre la cantidad de cacao cortado la semana anterior (28 de julio – 3 de agosto del 2024), y de estos, cuantos estaban mordidos por algún tipo de especies de fauna silvestre. Los resultados se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Kilogramos de semilla de cacao con mucilago según frutos cosechados y porcentaje de frutos dañados por la fauna silvestre

Peso de semillas (kg)	Frutos cosechados	Frutos mordidos	Porcentaje
148.18	3 260	100	3.1
267.73	5 890	20	0.3
20.91	460	0	0.0
200.45	4 410	20	0.5
79.55	1 750	50	2.9
22.73	500	30	6.0
150.45	3 310	15	0.5
4.55	100	5	5.0
55.00	1 210	14	1.2

Según la información proveída por los productores para un momento específico en la estación lluviosa, es notorio que no se registran daños cercanos al 10 %, por lo que se puede considerar una baja incidencia desde el punto de vista numérico, aunque, esto puede significar una pérdida económica para el productor; ya que este hace la conversión a cuánto dinero equivaldría las mazorcas dañadas y que podría haber hecho con ese dinero.

En las parcelas de 20 m x 50 m establecidas en las 11 áreas productivas de cacao visitadas (una por área), se contabilizaron un total de 333 árboles y 317 frutos con indicios de haber sido mordidos, en un período de tiempo de 22 días. La mayoría de esos frutos tenían marcas que evidencian que fueron mordidos por ardillas (259 frutos), seguido por los daños de los monos (40) y finalmente de pájaro carpintero (18). Con lo anterior se deduce que, de manera general, de cada 100 frutos mordidos, 82 fueron por ardillas, 13 fueron por monos y seis fueron picados por pájaros carpinteros. Para determinar la finca visitada con más afectación, se sumó la cantidad de árboles contados dentro de la parcela de muestreo y se dividió entre el número de frutos mordidos, esto derivó en una proporción que posiciona a dos de las fincas como las que más daño tuvieron en ese momento, la del productor Juan Herradora (2) por ardilla y la de Nelson Castillo (2.1) por mono congo (Cuadro 2), ellos estiman una pérdida mayor al 60 % con repercusiones considerables en sus ingresos económicos.

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

**Cuadro 2.** Relación frutos dañados por fauna silvestre según cantidad de árboles de cacao en parcelas de 20 m x 50 m

Comunidad	Nombre del productor	Cantidad de árboles	Frutos dañados	Relación frutos dañados por árbol
El Coral	Alejandro Amador	10	9	0.9
	Amado Olivas	10	8	0.8
	Pablo Ramírez	13	6	0.5
Las Azucenas	Alejandro Duarte	26	37	1.4
	Franklin Benavidez	28	33	1.2
	Juan Herradora	46	90	2.0
	Isaac Pérez	73	13	0.2
	Jairo Amador	60	12	0.2
	Javier Duarte	33	55	1.7
Papaturro	Nelson Castillo	23	48	2.1
Santa Elena	Álvaro Tenorio	11	6	0.5

Para tener un porcentaje de daño de referencia, se debería de conocer la pérdida real en relación con la producción de cada productor (al año o en un ciclo de cosecha) y definir los costos económicos hasta donde el productor considera que puede tolerar el daño que la fauna silvestre le ocasiona. Solamente con esta información se podría evidenciar si algunas especies de fauna silvestre (en especial ardilla, pájaro carpintero y mono araña) realmente están o no están siendo “plagas” de los frutos del cacao. Amaya (2020) determinó en áreas de cacao en El Salvador, hasta 27 % de frutos dañados por ardilla (*Sciurus variegatoides*) y 0.77 % para el pájaro carpintero de la especie *Melanerpes aurifrons*; Effendi y Yudha (2022), determinaron 55.25 % de los frutos de cacao afectados por especies de ardillas de la familia Sciuridae en cacaotales de Indonesia. López *et al.* (2014) en Siuna, Nicaragua, menciona que la acción de alimentación de las ardillas causa pérdidas económicas en la producción de cacao, en especial al sumarse con la afectación de plagas y enfermedades.

Según las reflexiones realizadas con los productores en los grupos focales, la cantidad de frutos dañados se mantiene casi constante a lo largo del año, lo que varía son las temporadas de producción (picos de cosecha), en picos de cosecha altos el productor no percibe la acción de la fauna silvestre como un daño, ya que las cantidades de frutos producidos compensan lo dañado; pero, en los puntos más bajos de cosecha, cuando cada fruto cuenta para hacer peso y vender el cacao, los productores perciben la acción de la fauna silvestre como un daño y una justificación para considerarlos “plagas”.

La pregunta ¿Está realmente la percepción del productor condicionada con el ciclo de cosecha? debería de ser objeto de investigación futura. En todo caso, toda estrategia para promover la buena convivencia entre la fauna silvestre y la producción de cacao debería de tomar en cuenta el ciclo de producción y brindar mayor protección a los frutos en los momentos de más baja cosecha. Algunas recomendaciones para evitar el daño causado por, específicamente ardillas, las presenta Navarro y Mendoza (2009) y Amaya (2020).

Otra observación importante es que, en las fincas de las comunidades de El Coral y Santa Elena, se registraron pocos frutos mordidos (Cuadro 2) y, por lo tanto, los daños son menores. En una de las fincas de El Coral (productor Amado Olivas) se observaron más de 10 nidos de ardillas y fue notorio el daño en las áreas de producción de cacao cercanos a los árboles donde estaban los nidos.

**Permanencia de la fauna silvestre en las áreas de cacao.** La opinión de los productores está dividida respecto a la época del año en la que la fauna silvestre afecta mayormente a las plantaciones de cacao. Varios productores afirmaron que en la estación lluviosa el cacao es consumido por ardillas, monos y pájaros carpinteros, presuntamente porque en esta estación ocurren los picos de producción de cacao, y escasa producción de árboles frutales dentro o cercano al cacaotal.

Las altas temperaturas en la estación seca también obligan a especies, como las ardillas, a buscar de una forma activa sus fuentes de alimento. Los productores reportan que las ardillas, en la estación seca, incluso, rompen los frutos de la palma de coco (*Cocos nucifera*) para consumir el agua. Molina y Mazon (2022) afirman que, las ardillas rompen los frutos de los cocos (*Cocos nucifera*) de una manera oportunista, en la medida en que no hay disponibles frutos de su preferencia y utilizan el coco como un alimento complementario. Por lo anterior, la cantidad de frutos mordidos, según la percepción de los productores, es mayor en la estación seca.

El período de producción de algunas especies de árboles frutales que acompañan a los cacaotales varía, por ejemplo, aguacate (*Persea americana*) fructifica de septiembre a marzo, mango (*Mangifera indica*) de enero a mayo, zapote (*Pouteria sapota*) todo el año, guayaba (*Psidium guajava*) todo el año, guanábana (*Annona muricata*) en octubre, coco (*Cocos nucifera*) en octubre, pijibay (*Bactris gasipaes*) todo el año, papaya (*Carica papaya*) durante todo el año (Missouri Botanical Garden, 2025a), mamón chino (*Nephelium lappaceum*) en agosto (Missouri Botanical Garden, 2025b), entre otros; de tal forma que algunos estarán produciendo en la estación seca y otros en la estación lluviosa.

La misma dinámica de las ardillas ocurre con los pájaros carpinteros, que en la estación seca se alimenta más del cacao por la carencia de la producción de otras especies frutales en las áreas productivas colindantes a las áreas de cacao, aspecto confirmado por los productores al referirse que, debido a la escasez de naranjas, existe mayor daño a las mazorcas de cacao. En el caso de los monos, los productores afirman que estos permanecen alimentándose del cacao de

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

una manera constante a lo largo del año y que la finca afectada depende más de su localización con respecto a los corredores biológicos en los que esta especie circula.

Obtener información del momento del año en el que el daño es mayor, es de suma importancia, ya que en cualquier iniciativa de conservación de la fauna silvestre y de la producción de cacao, se pueden concentrar los esfuerzos en este período de tiempo; mismo período en el que los productores deberán de prestar más atención al cuidado, tener mayor presencia en las plantaciones y darles mantenimiento.

**Lugares específicos y patrones de desplazamiento.** Información sobre los lugares específicos dentro de la plantación de cacao en los que llegan o permanecen los animales silvestres que se alimentan del cacao, fueron brindadas por los productores en los grupos focales, las entrevistas y las encuestas. Los productores concentraron su interés y, por lo tanto, realizaron mayor descripción de los patrones de desplazamientos de las ardillas. De manera general, las ardillas son especies de fauna silvestre que viven dentro de las plantaciones de cacao. Los árboles que forman parte del sistema agroforestal son idóneos para que las ardillas elaboren sus nidos. En las observaciones de campo, se notó que los árboles preferidos tienen alturas entre 15 m, 20 m y hasta 30 m; entre algunas especies pueden estar roble macuelizo (*Tabebuia* sp), guanacaste blanco (*Albizia niopoides*), cortés (*Handroanthus* sp), tamarindo (*Tamarindus indica*), palma africana (*Elaeis guineensis*) y palma de coyol (*Acrocomia aculeata*).

De acuerdo con los productores, los árboles de cacao de cuyos frutos se alimentan principalmente las ardillas, son los que están cerca del árbol en que estas tienen sus nidos. Este argumento fue constatado de manera presencial en el área de cacao de varios de los productores. Evidentemente, por cuestión de facilidad de desplazamiento, las ardillas parecen aprovechar los frutos de cacao de los árboles cercanos al árbol en donde posee el nido, y si el árbol de cacao es atractivo (por las características mencionadas anteriormente) este árbol se ve más afectado que otros a su alrededor. En las observaciones de campo, se registró un radio de hasta 15 m respecto al árbol donde las ardillas tienen sus nidos, como el área de acción, basado en la presencia de frutos mordidos.

Algunos productores añaden que las ardillas no solamente comen alrededor del árbol donde tienen el nido, sino que también se desplaza por toda el área de cacao aprovechando la conectividad de las ramas de los árboles de cacao, los cercos vivos y la vegetación acompañante, cuando el cacao no ha sido limpiado. En general, se reflexiona entre los participantes, de uno de los grupos focales, que el mantenimiento de las plantaciones de cacao (limpieza y poda) influye significativamente en la presencia o ausencia de las ardillas, entre más cobertura vegetal (multiestratos)

tenga la plantación, más ideales serán las condiciones de hábitat para las ardillas. Molina y Mazon (2022), observaron que las ardillas se alimentan de los frutos de cacao en correspondencia con una mayor complejidad de la vegetación y conexiones del área de cacao con el bosque.

Las ardillas no siempre viven dentro de las áreas de cacao, algunos productores reportan que estas llegan a sus propiedades a través de los cercos vivos, alambrados, vegetación riparia a comer frutos de cacao y luego regresan a los lugares donde están los árboles en los que habitan, los que están próximos al área de cacao (menos de 100 m) y que, en general, son pequeñas áreas de vegetación formada por matorrales y árboles. Los productores que visitan constantemente sus áreas de cacao conocen exactamente donde se encuentran las ardillas que viven dentro de la plantación, y los lugares por donde entran cuando llegan de las áreas circundantes.

En el caso de los pájaros carpinteros, estos pueden o no ser residentes de las áreas de cacao. Por su habilidad de volar, pueden llegar a las áreas de cacao desde puntos lejanos y sin ninguna preferencia por una plantación, sitio o árbol en particular. Varios productores afirman que los pájaros carpinteros que anidan dentro de las áreas de cacao utilizan los árboles o palmas muertas en pie, para construir sus nidos. La presencia de los nidos de pájaro carpintero dentro del área de cacao asegura que estos se alimenten de los frutos de cacao, como lo mencionan algunos protagonistas (productores).

De los monos, se expresó que definitivamente no son residentes de las áreas de cacao, sino que llegan a estas utilizando las conexiones del paisaje. Por tal razón, las fincas cacaoteras en las que ocurren daños por monos seguramente están localizada en las rutas diarias que estos utilizan para realizar sus actividades biológicas. La distancia de la casa del productor al área de cacao puede que sea una función de la tasa de daño, ya que entre más cerca esta, supone mayor presencia en el área. En esta investigación, esta hipótesis no fue puesta a prueba, pero los productores mencionan que efectivamente, el vivir más cerca de la plantación asegura una mayor presencia de personas en las áreas de cacao, y por lo tanto menor daño de frutos por la fauna silvestre, por ello Navarro y Mendoza (2009) recomiendan hacer vigilancia en la estación de mayor producción de cacao. Algunos productores viven a unos metros de las plantaciones, otros entre 50 m y 100 m y otros a unos kilómetros.

**¿Por qué están en las áreas de cacao y no en los hábitats naturales?** Los productores, casi de manera unánime y consistente, afirman que en sus comunidades quedan pocos remanentes de bosque, y, además, pocas especies de árboles nativos que son atractivos para la fauna silvestre en dichos remanentes, por tal razón, la fauna silvestre frugívora se dirige a las plantaciones de cacao y áreas de producción de

**RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE**

otras especies de plantas frutales. El cambio de uso de suelo ha sido el motor que ha conducido a una fragmentación del paisaje, según lo productores en Papaturro y El Coral.

Es probable que el fruto de cacao sea más atractivo que los frutos silvestres, según Palmer y Koprowski (2014), las ardillas se pueden ver más atraídas por el cultivo de cacao, que, por los frutos silvestres, porque el cacao posee una cantidad significativa de proteínas, fibra y carbohidratos; además que los frutos están concentrados en la plantación. O simplemente, porque las ardillas son oportunistas (Alvarenga y Talamoni, 2006). Para varios productores, las condiciones propias de la plantación de cacao también propician la presencia de fauna silvestre residente o las que llegan de sitios aledaños. Plantaciones de tamaño grande, con mucha sombra, con poco manejo de ramas y con alta vegetación acompañante, favorecen las condiciones de “ hábitat ideal”. Entre ellos, reconocen que el buen manejo del cultivo de cacao podría contribuir a reducir el daño a los frutos del cacao por parte de la fauna silvestre. Aunque para algunos, esto no es suficiente; uno de los productores que mantiene su cacao bien manejado afirma “Después de la poda, las ardillas se asustan y no llegan, pero luego se acostumbran”.

En campo, se constató que los árboles de cacao de mayor tamaño, completamente bajo sombra y con mayor conexión entre copas, presentan mayor cantidad de frutos dañados (más de 20 frutos). En una de las fincas cacaoteras en El Coral, se determinó poca evidencia de daño, atribuido, según el productor, a que su plantación posee árboles pequeños (por manejo), con mayor distanciamiento entre surcos (5 m) y buen manejo de ramas, lo que permite mayor cantidad de luz entrando en la plantación.

**CONCLUSIONES**

Los sistemas cacaoteros son espacios productivos y hábitats importantes para la fauna silvestre, la sostenibilidad de estos sistemas de producción requiere de estrategias de manejo que reconcilien la conservación de la biodiversidad con la estabilidad económica.

La percepción del daño por parte de los productores es variable y, de manera general, está contextualizada por los picos de producción.

La presencia y el impacto de la fauna silvestre frugívora en los cacaotales está relacionada con la fragmentación del paisaje y la pérdida de hábitats naturales en la región. La reducción de los remanentes de bosque y la escasez de especies frutales nativas podrían estar forzando a muchas especies silvestres a incorporar los frutos de cacao como una fuente alimenticia alternativa.

**AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la organización Amigos de la Tierra España por su valioso apoyo financiero, el cual hizo posible la realización de este estudio. De igual manera, extendemos nuestra gratitud a la Dirección Académica de la Universidad Nacional Agraria por su compromiso y eficiencia en la gestión de los recursos necesarios para el desarrollo de esta investigación. Se agradece al Br. Freddy Zapata egresado de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales, por su acompañamiento durante las giras de campo. Asimismo, reconocemos y apreciamos profundamente la colaboración de los técnicos y productores, cuyo conocimiento, experiencia y disposición fueron fundamentales para la recopilación de datos y el enriquecimiento de los hallazgos presentados. Su participación ha sido esencial para el éxito de este trabajo.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Alvarenga, C. A., & Talamoni, S. A. (2006). Foraging behavior of the Brazilian squirrel *Sciurus aestuans* (Rodentia, Sciuridae). *Act. Ther.*, 51(1), 69-74. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762006000100012>
- Amaya, C. A. (2020). *Vertebrados plaga: identificación y cuantificación de sus daños en tres fincas de cacao (*Theobroma cacao*) de El Salvador* [Tesis de Licenciatura, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional UES. <https://repositorio.ues.edu.sv/items/87a797e4-bc22-48de-a740-6380fb08e17a>
- Asare, R., David, S., & Sonwa, D. (2009). *Conservation and biodiversity in and around cocoa farms. Learning about Sustainable Cocoa Production: A Guide for Participatory Farmer Training*. Forest & Landscape Denmark University of Copenhagen. <https://www.cifor.org/knowledge/publication/3121/>
- Effendi, A., & Yudha, P. A. (2022). Plantain squirrel attack rate (Sciuridae) on cocoa farming (*Theobroma cacao L.*) in Lima Puluh Kota Regency, West Sumatra. *Journal of Plant Sciences*, 17(4), 172–175. <https://doi.org/10.3923/jps.2022.172.175>
- Hill, C. (2000). Conflict of interest between people and baboons: crop raiding in Uganda. *International Journal of Primatology*, 21, 299-315. <https://doi.org/10.1023/A:1005481609433>
- Kamarudin, K. A., & Lee, C. H. (1981). Modes of cocoa pod depredation by three small mammals. *Rev. Mardi. Res., Bull.*, 9, 42-48.
- López, N. A., Flores, E. L., Castillo, J. y Montalván, O. (2014). Plagas en cacaotales, municipio de Siuna, 2011. *Ciencia e Interculturalidad*, 14(1), 107-114. <https://doi.org/10.5377/rcl.v14i1.1502>
- Ministerio Agropecuario. (2023). *Cosecha de cacao alcanzó un crecimiento de 20% en Nicaragua*. <https://www.mag.gob.ni/index.php/noticias?view=article&id=63:produccion-de-cacao&catid=11#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20nacional%20de%20cacao,de%20Producci%C3%B3n%20Consumo%20y%20Comercio>

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. (2016). *Plan de Manejo Refugio de Vida Silvestre los Guatuzos*.
- Missouri Botanical Garden. (2025a). *Flora de Nicaragua*. <http://legacy.tropicos.org/projectwebportal.aspx?pagename=Home&projectid=7>
- Missouri Botanical Garden. (2025b). *Manual de Plantas de Costa Rica*. <http://legacy.tropicos.org/Project/Costa%20Rica>
- Molina, M., & Mazon, M. (2022). Agrolandscape structure and damage caused by red squirrels to cocoa pods. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 39(4), e223951. [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v39.n4.06](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v39.n4.06)
- Molina, M. y Briceño, J. (2018). Magnitud del daño por ardillas (*Sciurus granatensis*) en función de la longitud, color y madurez de mazorcas de Cacao de la Cordillera de Mérida, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 52(2). 89-103. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/30913>
- Navarro, M. y Mendoza, I. (2009). *Guía técnica para promotores: Cultivo del cacao en sistemas agroforestales*. Instituto para el Desarrollo y la Democracia (IPADE). [https://canacacao.org/wp-content/uploads/Guia\\_Cacao\\_Para\\_Promotores.pdf](https://canacacao.org/wp-content/uploads/Guia_Cacao_Para_Promotores.pdf)
- Osborn, F. V., & Parker, G. E. (2002). Community-based methods to reduce crop loss to elephants: experiments in the communal lands of Zimbabwe. *Pachyderm*, 33, 32-38. <https://pachydermjournal.org/index.php/pachyderm/article/view/1107>
- Palmer, R., & Koprowski, J. L. (2014). Feeding behavior and activity patterns of Amazon red squirrels. *Mammalia*, 78, 303-313. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2013-0040>
- Peralta-Zapata, N. A., Sánchez-Ardila, J., Sáenz-Jiménez, F. J., Serrano-Sánchez, S. J., Ardila-Rueda, C. E., Garcés-Quiroz, E., & Caballero-Aldana, D. V. (2019). *Cartilla fauna y cultivos NC1: Interacciones y propuestas de manejo*. Fundación Natura Colombia. [https://natura.org.co/wp-content/uploads/2020/01/Cartilla-fauna-y-cultivos-NC1\\_co.pdf](https://natura.org.co/wp-content/uploads/2020/01/Cartilla-fauna-y-cultivos-NC1_co.pdf)

# RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Estrategias para promover una convivencia armoniosa entre la fauna silvestre y la producción de cacao

Strategies to promote harmonious coexistence between wildlife and cocoa production

**Miguel Garmendia-Zapata<sup>1</sup>, Kevin Ramírez<sup>2</sup>, Yuri Alemán<sup>3</sup>, Oscar Bermúdez<sup>4</sup>, Andrés López<sup>5</sup>, Wilmer Rodríguez<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> MSc. Biología Ambiental y de Bosques – Ecología, Universidad Nacional Agraria, Dirección de Ciencias Ambientales y Cambio Climático, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9080-7670> / garmendiaz@ci.una.edu.ni

<sup>2</sup> Ingeniero en Recursos Naturales, Universidad Nacional Agraria, Dirección de Ciencias Ambientales y Cambio Climático, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6038-0223> / kevin.ramirez@ci.una.edu.ni

<sup>3</sup> Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria, Dirección de Ciencias Ambientales y Cambio Climático, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2161-9545> / yuri.aleman@ci.una.edu.ni

<sup>4</sup> Licenciado en Biología, Técnico Seguimiento Proyecto Río San Juan, Amigos de la Tierra España, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7671-7795> / obermudezadte@gmail.com

<sup>5</sup> MSc. Tecnologías de la Información Geográfica, Universidad Nacional Agraria, Dirección de Ciencias Ambientales y Cambio Climático, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8070-3694> / andres.lopez@ci.una.edu.ni

<sup>6</sup> Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria, Dirección de Ciencias Ambientales y Cambio Climático, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0326-4901> / wilmer.rodriguez@ci.una.edu.ni



## RESUMEN

Los agroecosistemas de cacao con sombra son fundamentales para la conservación de la vida silvestre porque proporcionan hábitats similares a los bosques naturales, ofreciendo refugio y alimento a diversas especies. Algunas especies frugívoras consumen los frutos del cacao, lo que genera ciertas reacciones entre los productores. A través de grupos focales, entrevistas, encuestas y observaciones en campo, se recopiló información para comprender la relación entre la fauna silvestre y la producción de cacao, con el objetivo de proponer estrategias que fomenten una convivencia armoniosa entre la fauna silvestre y la producción de cacao. Entre las especies que se alimentan del cacao se encuentran ardilla (*Sciurus variegatoides*), pájaro carpintero (*Melanerpes hoffmannii*), mono cara blanca (*Cebus imitator*), mono araña (*Ateles geoffroyi*), mono congo (*Alouatta palliata*), cuyuso (*Potos flavus*) y guardatinaja (*Cuniculus paca*). Basándose en la información

## ABSTRACT

Shaded cacao agroecosystems are essential for wildlife conservation because they provide habitats similar to natural forests, offering shelter and food to various species. Some frugivorous species eat cacao fruits, which generates some reactions among producers. Through focus groups, interviews, surveys, and field observations, information was gathered to understand the relationship between wildlife and cacao production, with the aim of proposing strategies that promote harmonious coexistence between wildlife and cacao production. Among the species that feed on cacao are squirrels (*Sciurus variegatoides*), woodpeckers (*Melanerpes hoffmannii*), white-faced capuchins (*Cebus imitator*), spider monkeys (*Ateles geoffroyi*), congo monkeys (*Alouatta palliata*), kinkajous (*Potos flavus*), and agoutis (*Cuniculus paca*). Based on the information obtained and literature review, five short-term strategies are

Recibido: 21 de mayo del 2025  
Aceptado: 15 de octubre del 2025



Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo donald.juarez@ci.una.edu.ni

© Copyright 2025. Universidad Nacional Agraria (UNA).

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

obtenida y en la revisión de literatura, se proponen cinco estrategias a corto plazo: proteger directamente los frutos, colocar obstáculos en los troncos de los árboles de sombra, aprovechar los frutos dañados por ardillas y pájaros carpinteros, dar mantenimiento a las áreas de cacao y aumentar la presencia de productores o personal designado en la zona. A largo plazo, se sugiere establecer árboles o arbustos frutales que atraigan la fauna silvestre (plantación señuelo) y desvíen su atención con relación a las áreas de cacao. Las estrategias se han identificado y detallado con la participación de los protagonistas, revisión de literatura, experiencia de expertos y reflexiones del equipo de investigadores.

**Palabras clave:** fauna silvestre, producción de cacao, conservación.

proposed: directly protecting the fruits, placing obstacles on the trunks of shade trees, utilizing fruits damaged by squirrels and woodpeckers, maintaining cacao areas, and increasing the presence of producers or designated personnel in the area. In the long term, it is suggested to establish fruit trees or shrubs that attract wildlife (decoy plantation) and divert their attention from the cocoa areas. The strategies have been identified and detailed with the participation of stakeholders, literature review, the experience of experts, and analysis of the research team.

**Keyword:** Wildlife, cacao production, conservation.

**E**l cultivo de cacao es uno de los principales rubros agrícolas en Nicaragua, con gran relevancia económica y social para las comunidades rurales. En el departamento de Río San Juan (al sur de Nicaragua), esta actividad se ha consolidado como una fuente de ingresos para pequeños y medianos productores, generando empleo y contribuyendo al desarrollo local. La región cuenta con condiciones climáticas favorables para la producción de cacao, lo que permite obtener granos de alta calidad que son reconocidos en el mercado nacional e internacional (Mendoza y López, 2020). Según Allen *et al.* (2024), el cacao cultivado en sistemas agroforestales permite la sostenibilidad en la producción agrícola, contribuye a la mejora en la salud del suelo y la biodiversidad, así como a mitigar los efectos del cambio climático a través de la captura de carbono y otros servicios ecosistémicos.

Las plantaciones de cacao con sombra albergan una rica diversidad biológica, proporcionando hábitats para numerosas especies de fauna silvestre. Investigaciones en América Latina han registrado diversas especies, como el mono araña (*Ateles geoffroyi*), aves que se alimentan de insectos, murciélagos frugívoros e iguanas verdes (*Iguana iguana*) en las plantaciones de cacao bajo sombra, lo que demuestra el valor de estos sistemas agroforestales para preservar la diversidad biológica (Rice y Greenberg, 2000; Schroth *et al.*, 2004); estos agroecosistemas actúan como conectores entre remanentes de bosque, permitiendo la movilidad de especies sensibles a la fragmentación de sus hábitats (Perfecto y Vandermeer, 2008). La presencia de estos animales es fundamental para el equilibrio ecológico, ya que participan en procesos como la dispersión de semillas, el control de plagas y la polinización, lo que refuerza la sostenibilidad del agroecosistema; adicionalmente, son parte del patrimonio natural de Nicaragua.

Mantener la armonía entre la conservación de la fauna silvestre y la producción de cacao es fundamental

para garantizar la sostenibilidad de los agroecosistemas. La implementación de estrategias como la siembra de árboles frutales para redirigir la atención de la fauna, la protección directa de los frutos y el manejo adecuado de las áreas de cultivo, puede minimizar los conflictos entre los productores y la fauna silvestre. Promover la coexistencia entre ambas partes no solo beneficia la conservación ambiental, sino que también mejora la resiliencia y la productividad de los sistemas de cacao, fortaleciendo la seguridad alimentaria y la economía local. El objetivo de esta investigación es proponer estrategias para promover la convivencia entre la fauna silvestre, específicamente de especies frugívoras, y la producción en los sistemas cacaoteros.

### MATERIALES Y MÉTODOS

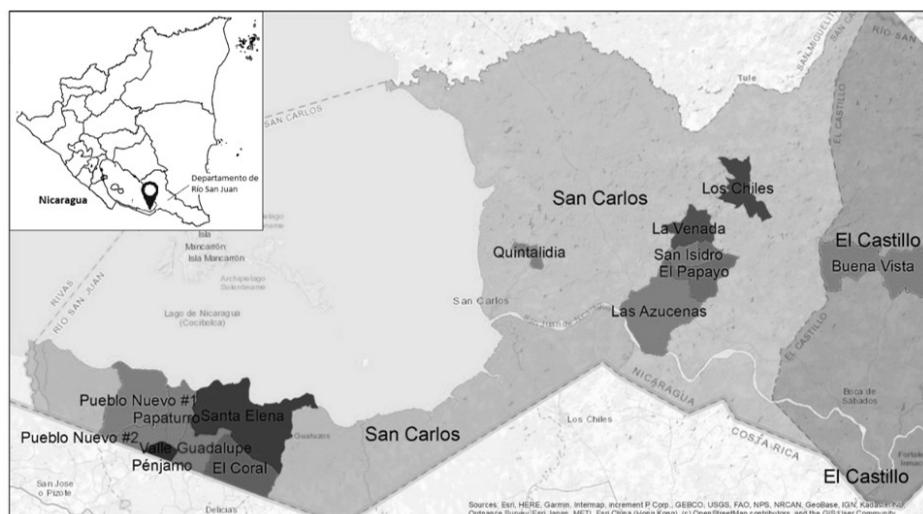
**Área de estudio.** El estudio se realizó en las comunidades Papaturro, El Coral y Santa Elena del Refugio de Vida Silvestre Los Guatuzos y en la comunidad Las Azucenas del municipio de San Carlos del departamento de Río San Juan. En estas comunidades, el cultivo del cacao es muy popular, por lo que se trabajó directamente con productores de cacao que trabajan con asociación con las organizaciones Amigos de la Tierra y ASODELCO (Asociación para el Fomento Local Ecosostenible). El clima de la región de Río San Juan, ubicada en el sureste de Nicaragua, es predominantemente tropical húmedo, caracterizado por temperaturas cálidas durante todo el año y una alta humedad relativa. La precipitación anual varía entre 2 500 mm y 4 000 mm, con una marcada estación lluviosa entre mayo y noviembre, lo que favorece el desarrollo de bosques tropicales y ecosistemas acuáticos (Incer, 2018).

**Procedimiento metodológico.** Esta es una investigación de enfoque cualitativo, la información fue compilada de una forma participativa con los actores locales y enriquecida por una exhaustiva revisión de literatura; además, incluye la

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

opinión de varios expertos en el tema y las consideraciones de los investigadores. En este sentido se realizaron tres grupos focales con los productores, acompañados también por el personal del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), de la organización Amigos de la Tierra y ASODELCO. Paralelamente, se realizaron entrevistas semiestructuradas a productores que no estaban en los grupos focales. Los insumos de los grupos focales y de las entrevistas fueron utilizados para elaborar una encuesta, con el fin de extender la consulta y obtener información de más productores. La encuesta se realizó a 18 productores de ocho comunidades, entre las cuales están El Coral (5 productores), La Venada (2), Las Azucenas (4), Papaturro (2), San Isidro (1), San José (1), Santa Elena (2) y Valle Guadalupe (1). Las preguntas estaban dirigidas a determinar estrategias que ellos proponen implementar o que ya están implementando en pro de la convivencia entre la fauna silvestre y la producción de cacao.

**Análisis de la información.** Los argumentos registrados en cada espacio de conversación y reflexión fueron organizados en tablas de datos, clasificados y codificados para vincular las ideas. Esta información fue insumo para estructurar las estrategias que dan salida a acciones a corto, mediano y largo plazo, con la finalidad de facilitar la coexistencia entre las actividades productivas y la conservación de la fauna silvestre en el área de estudio. Se tiene como principio fundamental que estas estrategias sean del tipo “no letales”, las cuales están enfocadas en reducir la presencia (en las áreas de cacao) de los animales silvestres que se alimentan de los frutos de cacao, sin infringir algún daño físico a los mismos. La efectividad de las estrategias depende de la especie de animal, de las condiciones ambientales alrededor de las plantaciones y de la participación de cada uno de los productores. Esto permitiría reducir los eventos de incursión de fauna silvestre a las áreas productivas de cacao, y a la vez, conservar la diversidad biológica de fauna silvestre en los ambientes silvestres.



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio, comunidades El Coral, Papaturro, Santa Elena y Las Azucenas, al suroeste del departamento de Río San Juan, Nicaragua.

Tanto en las entrevistas, como en las encuestas, en los grupos focales y en la revisión de literatura los instrumentos de toma de datos estaban diseñados para obtener información sobre: especies de fauna silvestre que se alimenta de los frutos de cacao, razones por las cuales se alimenta del cacao y no de otras especies de plantas nativas, horas del día, época del año y estado del tiempo en que estas especies se alimentan del fruto de cacao, cantidad de frutos dañados, patrones de desplazamiento de la fauna silvestre, métodos que los productores están utilizando para reducir el consumo de frutos por parte de la fauna silvestre, manejo agronómico del cacao, distancia de la casa el productor al área de cacao y permanencia del productor en las áreas de cacao.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Estrategias para posibilitar la mutua convivencia entre la fauna silvestre y la producción de cacao.

Basado en las acciones que los productores han propuesto durante los grupos focales, encuestas y entrevistas, las observaciones *in situ*, la revisión de literatura y los conocimientos técnico científico del equipo de investigación, a continuación, se proponen las estrategias para promover una convivencia armoniosa entre la fauna silvestre y la producción de cacao. Estas estrategias están agrupadas en “estrategias a corto y mediano plazo” y “estrategias a largo plazo”. Para cada una, se

presenta una breve explicación del contexto, el objetivo y las acciones propuestas. Es importante tener en mente que todas las estrategias tendrían sus costos asociados, en esta descripción no se contempla información sobre tales costos.

**Estrategias a corto y mediano plazo.** Entre las estrategias a corto y mediano plazo se proponen: Protección directa al fruto, obstáculos sobre los troncos, utilización de los frutos dañados, mantenimiento de las áreas de cacao y mayor presencia en el área.

**Protección directa al fruto.** La protección directa al fruto se refiere específicamente a envolver los frutos con bolsas de diferentes materiales, a fin de que los animales

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

silvestres no puedan reconocerlo visualmente. Se teoriza que, dentro de la envoltura, el fruto queda excluido de ser detectado visualmente, y por lo tanto deje de ser blanco de los animales silvestres. Rosmana *et al.* (2010) confirman la efectividad de esta acción con el barrenador de los frutos de cacao (*Conopomorpha cramerella*) y la podredumbre negra de la mazorca (*Phytophthora palmivora*) en Indonesia; pero, también se ha reportado buen uso del embolsado para la prevención del daño de frutos de banano, tanto por invertebrados como por aves y otros animales (DeAngelis, 2022). Esto también es recomendado para frutas como manzanas (*Malus domestica*), peras (*Pyrus communis*), uvas (*Vitis vinifera*), frutos cítricos (*Citrus sp*), entre otras (Spengler, 2022); Hidlay *et al.* (s.f.), recomienda el uso de plásticos biodegradables. Amaya (2020) denomina a esta estrategia como "métodos físicos", y resalta la recomendación de Hilje y Monge (1988) y Gómez y Thivant (2015), en el uso de este método para aislar los frutos de cacao de lo que ellos denominan "plagas" insectiles y vertebradas.

Varias preguntas surgen de esta estrategia entre ellas, aunque estas bolsas excluyan a los animales desde lo visual ¿Será que también funcione desde lo olfativo? ¿Los animales tienen la capacidad (en términos de fuerza y astucia) de romper las bolsas? ¿Qué fruto se deberán de proteger? Todas estas preguntas son válidas de anticipar, sin embargo, responderlas solamente puede ser posible poniendo esta estrategia a prueba. Efectivamente, la estrategia funcionará diferente en dependencia de la especie de fauna silvestre; puede que la protección visual funcione para los pájaros carpinteros; las ardillas tienen más la capacidad de acercarse, olfatear y romper, pero puede que se muestren más tímidas ante la envoltura; los monos también pueden acercarse y olfatear, y tienen toda la capacidad, fuerza y astucia para romper la envoltura y averiguar lo que hay dentro. Pese a lo anterior, no se puede descartar que su buen funcionamiento, dado la experiencia que se tiene en otros escenarios, por ejemplo, en árboles individuales de jardines.

La pregunta de ¿Qué fruto se deberán de proteger? Fue respondida por uno de los participantes en los grupos focales, quién expresó que cada productor conoce los árboles de cacao cuyos frutos son mordidos por ardillas. Es probable que las ardillas tienen como preferencia los frutos de color amarillo y con cáscara delgada, elementos que se asocian a un fruto con mucílago dulce. Según las entrevistas, los productores conocen los árboles cuyos frutos son mordidos con mayor frecuencia y que poseen las características antes mencionadas. Los árboles con estos frutos deberían de ser los seleccionados a implementarles esta estrategia, esto incluiría también a aquellos árboles de cacao próximos a los árboles donde las ardillas establecen sus nidos.

Cuando las envolturas son de tela, estas se pueden embeber de algún repelente olfativo a base de plantas, como

pimienta, orégano o cualquiera otra planta aromática, que puede aumentar la efectividad de la protección a los frutos; siempre que tal olor no influya negativamente en la calidad de la semilla en el momento de la cosecha. Importante es señalar que la preferencia de los frutos de cacao depende, no tanto del sabor, sino del color y el olor (Emamdie y Warren, 1993). Las ardillas se alimentan de los frutos verdes o maduros, pero prefieren los maduros (Campos, 2013). El objetivo de la protección directa al fruto es envolverlos para que no sean visualmente seleccionados por la fauna silvestre y las acciones son las siguientes: 1) Elaborar bolsas de diferentes materiales, con dimensiones en las que puedan caber los frutos de mayor tamaño. Los materiales pueden ser papel o tela para mosquiteros. El uso de plástico para ejecutar esta estrategia debería de ser consultado con las autoridades correspondientes. El color de las bolsas dependerá del material que se utilice. 2) Seleccionar los árboles que se consideren que tienen los frutos de cacao más atractivos para la fauna silvestre, o aquellos que están cerca de los nidos o de las entradas y corredores de los animales silvestres que se alimentan del cacao. 3) Esta protección se debe de establecer antes que los frutos alcancen su madurez, y que por su color atraiga a la fauna silvestre. 4) Valorar si los frutos protegidos siguen sanos hasta su cosecha o si hubo incursiones o intentos de morder o romper las envolturas.

**Obstáculos sobre los troncos de los árboles de sombra.** Esta acción es recomendada específicamente para las ardillas. El obstáculo puede ser una lámina de metal o plástico que envuelve el tronco del árbol (de forma cilíndrica o cónica) y actúa como "deflector de ardillas". Mastro (2025) y Allison (2024), hablan sobre la efectividad de estos obstáculos y afirma que la acción principal ocurre porque actúan como barrera para evitar que las ardillas suban por el tronco de los árboles, resbalándose al intentar subir por este. Si se identifican los árboles de sombra potenciales para ser utilizados como refugio de ardillas, se puede establecer un deflector alrededor del tronco que impida el paso de estas. Esto garantizaría que dicho árbol no será utilizado por las ardillas para establecer nidos. Para ello, se pueden utilizar láminas metálicas de zinc lizo con las que se elaboran embudos o más económicamente se pueden utilizar botellas de plástico (reutilización) alrededor del tronco del árbol; también se puede envolver parte del tronco con plástico negro, con el cual las ardillas no podrían subir al tronco. Efectivamente, el uso de plástico deberá de ser valorado con las autoridades ambientales correspondientes.

Los árboles seleccionados para que se coloquen estos elementos deben de ser propuestos por los productores en base a su experiencia, ubicando las áreas de mayor daño o corredores de las ardillas. Se debe de tomar en cuenta que el obstáculo debe de impedir la subida de las ardillas al árbol,

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

pero que puede permitir la bajada, de tal forma que, si alguna ardilla quedó en el árbol al momento de colocar el obstáculo, esta pueda bajar de él, aunque no podrá volver a subir.

El objetivo de los obstáculos es evitar que los árboles acompañantes (sombra) en la plantación de cacao sirvan de refugio a las ardillas. Las acciones de esta estrategia son 1) Seleccionar los árboles de sombra potenciales a los que se les colocará el elemento obstáculo bajo los siguientes criterios: a) Que estén en áreas donde la cantidad de frutos mordidos por ardillas ha sido alta. b) Que sirva de puente o corredor de ardillas. c) Que sirva de escondite temporal de las ardillas. d) Que no tenga nidos de ardilla en la temporada reproductiva de esta especie. 2) Elaborar los deflectores utilizando láminas metálicas cónicas, una cadena de botellas plásticas a lo largo de la circunferencia del árbol o plástico negro. En principio, se debe medir la circunferencia del tronco del árbol, para hacer el obstáculo a la medida. No existe un manual específico para la elaboración de estos elementos obstáculos, de tal forma que se debe de poner en práctica la creatividad para elaborar el primer prototipo. 3) Mediante la observación, valorar si realmente el obstáculo es efectivo en impedir que las ardillas puedan subir al árbol, y principalmente, en reducir el daño.

**Uso de los frutos dañados.** Varios productores confirman que las semillas de los frutos de cacao que han sido mordidas por ardillas o picados por pájaro carpinteros pueden ser aprovechados para autoconsumo o vendido en el mercado local. Esto es importante desde el punto de vista económico, ya que el fruto mordido no se ve como una pérdida ya que puede existir una ganancia directa. Esta estrategia está asociada con una mayor presencia de los productores en las áreas de cacao, ya que las semillas de los frutos recientemente mordidos se pueden aprovechar, pero pasado varios días, estos se pudren y se tornan no aprovechables. Aunque esta estrategia no soluciona el problema y no es útil en caso de frutos mordidos por monos o cuyusos (*Potos flavus*); o si las semillas/mucílago son consumidas por otros animales que aprovechan los frutos ya mordidos, como las zarigüeyas (en grabación con cámara de rastreo, se captó una zarigüeya [*Didelphis* sp] aprovechando un fruto previamente mordido por ardilla), es útil para darle un valor a los frutos dañados que aún conservan la mayoría de sus semillas. Aunque no se logró identificar una experiencia documentada sobre esta estrategia, es una recomendación propia de los productores de la zona de estudio.

Las acciones para reducir el daño son las siguientes 1) Recorrer las áreas de cacao diariamente, o con regularidad, para detectar y colectar los frutos que recientemente han sido mordidos por ardillas o picoteados por pájaros carpinteros, 2) Seleccionar los frutos de cacao mordidos, separarlos y darles tratamiento diferente para utilizarlo en el autoconsumo o venta en el mercado local.

**Mantenimiento de las áreas de cacao.** Según los productores y las observaciones *in situ*, se sospecha que hay una relación entre la presencia y permanencia de fauna silvestre en las áreas de cacao con el poco mantenimiento de las áreas. Áreas de cacao, o sectores dentro del área, que tienen mucha sombra, los árboles de cacao no están podados, ni chapiados, son más propensas a tener mayor cantidad de frutos mordidos. En cuanto a las ardillas, los productores mencionan que las áreas sin podar conforman corredores para esta especie silvestre, en estas se debería de realizar poda de mantenimiento y de formación. Molina y Mazon (2022) en la Cordillera de Mérida, Venezuela, observaron que los frutos de cacao son alimentos para las ardillas en la medida en que la plantación tienen mayor complejidad y conexiones con el bosque, dentro de las cuales las ramas de los árboles facilitan sus movimientos. La presencia de ardillas está asociada a la vegetación aledaña, el número de cultivos asociados, el número de árboles de sombra y la presencia de frutos alternativos (Molina y Briceño, 2018).

Los productores recomiendan reducir la sombra y realizar poda de formación, poda de despunte, poda de cosecha, poda de producción de bareta y dar mantenimiento abajo (sotobosque o vegetación baja). Molina y Briceño (2018) recomiendan un manejo de la vegetación asociada a las plantaciones de cacao. Esto incluso es importante para mantener en buenas condiciones el cultivo, según algunos productores, quienes añadieron que si el cacao tiene manejo agronómico adecuado la producción es mayor. En el caso del pájaro carpintero, uno de los productores considera, dentro del mantenimiento a la plantación, eliminar todos los troncos y ramas secas dentro del área, para evitar sitios potenciales en los que esta ave pueda utilizar para anidar.

El objetivo es dar mantenimiento a las áreas de cacao, con el propósito de reducir las condiciones que promueven la presencia y permanencia de fauna silvestre que se alimentan del cacao en la plantación. Las acciones son 1) Planificar el mantenimiento de las áreas de cacao. 2) Implementar el mantenimiento de una manera constante. 3) Observar si la presencia de ardillas o pájaros carpinteros se reducen en el área después de realizado el mantenimiento.

**Mayor presencia en el área.** Muchos productores están de acuerdo que la vigilancia y presencia de personas en el cacaotal es crucial para reducir la cantidad de frutos mordidos, ya que los animales abandonan el área ante la presencia humana. Algunos productores afirman que cuando la producción de cacao es menor (período de cosecha baja) el número de mazorcas mordidas es mayor, debido a que no hay presencia de personas en el área de cacao. En efecto, esta estrategia solamente se realizará si el productor tiene el tiempo, las condiciones o si la distancia vivienda-plantación se lo permite, para realizar un patrullaje más constante dentro de las áreas de cacao.

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Esta estrategia se sustenta en las recomendaciones de Navarro y Mendoza (2009), quienes sugieren hacer vigilancia en la estación de mayor producción de cacao y de Amaya (2020), que la clasifica como "método cultural" y como una "técnica con un alto potencial". Mayor presencia de los productores en las áreas de cacao puede reducir la cantidad de frutos mordidos. Las acciones deben estar enfocadas en: 1) planificar los momentos en que el productor, u otra persona designada, pueda realizar patrullaje en las áreas de cacao, 2) para optimizar el tiempo, es necesario hacer los patrullajes en los sitios específicos, dentro de las áreas de cacao, donde se observan más frutos dañados y en las horas en las que hay mayor probabilidad de incursiones de fauna silvestre que se alimenta de los frutos de cacao, 3) notar si los patrullajes constantes están asociados a una reducción en la cantidad de frutos mordidos en el área patrullada.

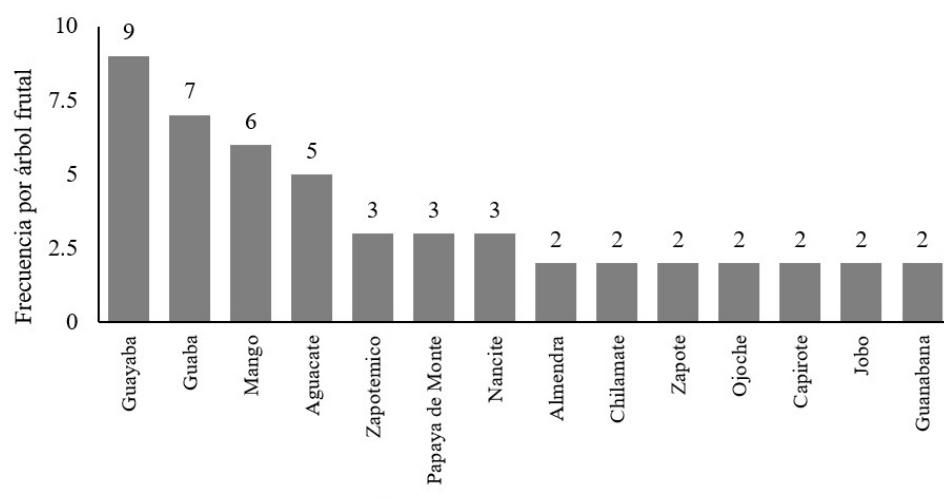
**Estrategia a largo plazo.** Como estrategia a largo plazo se propone establecer plantación de árboles o arbustos frutales atractivos en las áreas de cacao que funcionen como "señuelo" y redireccionen la atención de la fauna silvestre frugívora. Tanto en los grupos focales, como en las encuestas y las entrevistas, los productores reiteradamente manifestaron que, establecer especies de árboles frutales en las proximidades a las áreas de cacao es conveniente para redireccionar la atención de la fauna silvestre y "mantenerlos distraídos" con otras especies, garantizando que el cacao sea menos afectado. Para varios de ellos, una de las razones por las que los animales como monos y pájaros carpinteros llegan al cacao es porque en sus hábitats naturales (las áreas de bosque) en la actualidad no poseen las especies que comúnmente les provee alimento.

Lo anterior no fue posible confirmarlo en este estudio; sin embargo, parece razonable que el tener especies frutales que sea más atractivas que el propio cacao, puede que aliviane la presión sobre el consumo de los frutos de cacao, como lo señaló uno de los productores al afirmar que el daño causado por las ardillas disminuye debido a la presencia y producción de árboles dispersos de guayaba (*Psidium guajava*). Los productores mencionaron que hay especies de árboles frutales nativos o introducidos que puede que llamen la atención de la fauna silvestre que el mismo cacao y su presencia aporta en especial tres beneficios: 1) Atraen a la fauna silvestre y reduce las incidencias de daño a los frutos de cacao, 2)

Producen frutos que también son comestibles para el ser humano y que perfectamente se pueden aprovechar para autoconsumo y 3) Producen leña y madera que es utilizada por el propietario para su uso y para realizar mejoras en sus viviendas.

Amaya (2020), recomienda esta estrategia y la denomina "cultivos trampa" y cita a Del Villar-González (2000) quién la clasifica como "métodos de control cultural", resaltando que las especies utilizadas sean frutales más atractivos, que el mismo cacao, para las especies de fauna silvestre frugívoras; en el mismo trabajo recomienda el establecimiento de algunas especies como almendro de playa (*Terminalia cattapa*), pepeto (*Inga* sp), mango (*Mangifera indica*), nancite (*Byrsonima crassifolia*), entre otros, como opciones para ser utilizadas en cultivos trampas para las ardillas y otros vertebrados arborícolas en El Salvador. Lo anterior es importante, dado que las ardillas se alimentan de las mazorcas de cacao de manera oportunista, pero prefieren otros tipos de frutos, usando los frutos de cacao como complemento (Molina y Mazón, 2022). Navarro y Mendoza (2009) recomiendan sembrar árboles frutales alrededor del cacaotal para distraer a las ardillas.

Los productores hicieron mención de un total de 32 especies de árboles que producen frutos atractivos para la fauna silvestre y que se pueden utilizar como señuelo para redirigir su atención de los frugívoros, entre ellas, las mencionadas con mayor frecuencia fueron: Guayaba (*Psidium guajava*), guaba (*Inga* sp), mango (*Mangifera indica*) y aguacate (*Persea americana*); seguidas de zapotemico (*Pouteria campechiana*), papaya de monte (*Carica papaya*) y nancite (*Byrsonima crassifolia*); además de almendra (*Terminalia catappa*), chilamate (*Ficus* sp), zapote (*Manilkara zapota*), ojoche (*Brosimum alicastrum*), capirote (*Miconia* sp), jobo (*Spondias mombin*) y guanábana (*Annona muricata*) (Figura 2).



**Figura 2.** Especies de árboles frutales ordenados por la frecuencia con que fueron mencionados por los productores.

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Varias especies fueron mencionada solamente una vez, entre ellas: Coco (*Cocos nucifera*), pijibay (*Bactris gasipaes*), mamón chino (*Nephelium lappaceum*), guineo yute (*Musa sp*), higuerón (desconocido), guabillo (*Inga sp*), helequeme (*Erythrina sp*), pitahaya (*Hylocereus undatus*), guaba paterna (*Inga sp*), guaba caite (*Inga sp*), chaperno (*Lonchocarpus sp*), espabel (*Anacardium excelsum*), corozo (desconocido), palma africana (*Elaeis guineensis*), granadilla montera (*Passiflora sp*), cacao montero (*Theobroma sp*), palo de hule (*Castilla elastica*) y palmita (desconocido). Algunos productores, resaltaron especies de árboles frutales específicamente para algunas especies de fauna silvestre que se alimenta del cacao, por ejemplo, fue mencionado con frecuencia para ardilla: guayaba, aguacate y mango; para pájaro carpintero: papaya montera; para mono: Guava, zapotemico, almendra (*Terminalia catappa*), mango, chilamate, papaya montera, capirote y chaperno (los nuevos brotes [hojas tiernas]). En las observaciones de campo, fueron encontrados frutos de algunas especies de plantas, mordidos por ardillas (Figura 3).



**Figura 3.** Frutos mordidos por ardilla. A) Mango (*Mangifera indica*); B) Aguacate (*Persea americana*); C) Guayaba (*Psidium guajava*); D) Coco (*Cocos nucifera*).

Los tipos de especies, las cantidades y donde establecer estos árboles frutales, debe de ser considerado en conjunto con los productores, y en especial, con los propietarios que decidan implementar esta estrategia. Como el objetivo es redireccionar la atención de la fauna silvestre que se alimenta de los frutos de cacao, es conveniente no establecer los frutales seíñuelos dentro o muy cerca de la plantación, ya que habría suficiente distancia para que la fauna silvestre acceda al área de cacao; la distancia a la que estos árboles frutales deben establecerse, está sujeta a debate,

e idealmente, debería de ser un tema de investigación; sin embargo, esto se podría definir con los productores en base a sus experiencias y observaciones. El establecimiento de árboles frutales, deberían de cumplir dos condiciones: entre cinco y 10 árboles (según disponibilidad de área), de diferentes especies, cuya fructificación cubra las dos estaciones. Con ello se garantiza, no solamente que sea un sitio atractivo para la fauna silvestre (por acceso a alimento variado), sino que la fuente de alimento se mantenga a lo largo del año; otra opción es enriquecer los remanentes de áreas naturales en las comunidades, utilizando especies de árboles frutales atractivos para la fauna silvestre, esto puede que garantice que la fauna silvestre los utilice para refugiarse y habitarlas, si la misma le provee de alimentos. Aprovechando la organización local, también se podría promover programas de restauración forestal de las áreas naturales, y que esta restauración este dirigida exclusivamente a tornar dichas áreas en sitios ideales para la vida silvestre.

Aunque en las áreas naturales enriquecida o restauradas el crecimiento de las poblaciones de animales frugívoros de interés (ardillas, monos, pájaros carpinteros, en primera instancia) pueda ser controlada por depredadores naturales, no se está seguro si lo mismo pueda suceder en las áreas de frutales más cercanas a las áreas de cacao, donde los depredadores naturales (rapaces, felinos, coyotes, etc.) son más tímidos de aproximarse a las áreas de cacao (sin embargo, en cámaras de rastreo quedó grabada la visita de un coyote [*Canis latrans*]; además, varios productores han reportado la presencia de felinos y caninos silvestres en las áreas de cacao). La abundancia de alimento propicia el crecimiento poblacional, y con ello puede que haya otros inconvenientes, por lo que estudios de dinámica poblacional deben de estar asociados a esta estrategia. La estrategia es de largo plazo porque habría que esperar que los árboles plantados crezcan y produzcan frutos, de tal forma

que debe considerar la velocidad de crecimiento y el tiempo en que inicia la primera fructificación. Se estima que para ver el éxito de esta estrategia se deberá esperar entre dos y cinco años.

El objetivo de esta estrategia es básicamente el redireccionar la atención de las especies de fauna silvestre que se alimentan de los frutos de cacao. Las acciones son: 1) Seleccionar las especies de árboles frutales a utilizar, estas deben ser atractivas para los animales frugívoros, y deben de mantener producción todo el año (o al menos, algunas

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

la primera parte del año y otras la segunda parte), además de crecer y producir frutos rápidamente. 2) Establecer las especies lo más cercanas entre sí, de tal forma que cuando crezcan puedan conectar sus copas, potencializando más las condiciones de hábitat. 3) Elaborar un plan de monitoreo y mantenimiento a la plantación de especies frutales, a fin de garantizar su desarrollo. 4) Llevar registro de la fauna silvestre que visitan las áreas de frutales y contrastarlo con los registros de frutos de cacao mordidos a partir de la producción de las especies frutales. 5) En el caso de los monos, se pueden agregar especies de árboles que no son necesariamente frutales (no tienen frutos carnosos) pero que las hojas jóvenes (cogollos) puede que sean atractivos para ellos. 6) Si se enriquecerán con árboles frutales las áreas comunales o donde convergen varios productores, estas acciones deben de ser consensuadas entre ellos y alcanzar acuerdos comunes para el cuidado y mantenimiento de las áreas de frutales.

### CONCLUSIONES

Se proponen cinco estrategias a corto plazo que se pueden implementar por separados o en combinación: protección directa al fruto, utilizar obstáculos sobre los troncos de los árboles de sombra, usar para el autoconsumo o comercio local los frutos dañados por ardillas y pájaros carpinteros,

brindar mantenimiento a las áreas de cacao y considerar mayor presencia de los productores o personas designadas en el área del cacaotal.

Como estrategia a largo plazo se propone establecer árboles o arbustos frutales atractivos a modo de señuelos, que redireccionen la atención de la fauna silvestre. Se sugiere el uso de árboles nativos de la zona sobre la base de la experiencia de los productores.

### AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la organización Amigos de la Tierra España por su invaluable apoyo financiero, que hizo posible la realización de este estudio. Del mismo modo, extendemos nuestra gratitud a la Dirección Académica de la Universidad Nacional Agraria por su compromiso y eficiencia en la gestión de los recursos necesarios para el desarrollo de esta investigación. Se agradece al Br. Freddy Zapata egresado de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales, por su acompañamiento durante las giras de campo. Asimismo, reconocemos con especial aprecio la colaboración de los técnicos y productores, cuyo conocimiento, experiencia y disposición fueron pilares fundamentales en la recopilación de datos y el enriquecimiento de los hallazgos. Su participación ha sido un componente esencial para el éxito de este trabajo, y valoramos profundamente su contribución.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, S. L., Robayo, L. A., Martin, C. D., & Lopez Ganem, L. (2024). Productivity, Soil Health, and Tree Diversity in Dynamic Cacao Agroforestry Systems in Ecuador. *Land*, 13(7), 959. <https://doi.org/10.3390/land13070959>
- Allison, T. (2024). Tree baffles to baffle squirrels. Welcome Wildlife. <https://www.welcomewildlife.com/tree-baffles-to-baffle-squirrels-2/>
- Amaya, C. A. (2020). *Vertebrados plaga: identificación y cuantificación de sus daños en tres fincas de cacao (Theobroma cacao) de El Salvador* [Tesis de licenciatura, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional UES. <https://repositorio.ues.edu.sv/items/87a797e4-bc22-48de-a740-6380fb08e17a>
- Campos, M. (Ed.). (2013). *Aprendiendo e innovando sobre el manejo integrado de plagas de cacao en sistemas agroforestales* (Guía 6). Lutheran World Relief. <https://canacacao.org/wp-content/uploads/Guia-6-Manejo-de-plagas.pdf>
- DeAngelis, Z. (2022). *Why they put bags on banana trees and how it works*. Tree Journey. <https://treejourney.com/why-they-put-bags-on-banana-trees-and-how-it-works/>
- Emamdie, D., & Warren, J. (1993). Varietal taste preference for cacao (*Theobroma cacao* L.) by the neotropical red squirrel (*Sciurus granatensis* [Humboldt]). *Biotropica*, 25(3), 365–368. [https://www.cocoaresearch.org.uk/get\\_file.php?ext=pdf&&sub=publications&&file=WAR93B+Warren+Emamdie+Biotropica+%282020\\_01\\_20+09\\_05\\_46+UTC%29.pdf](https://www.cocoaresearch.org.uk/get_file.php?ext=pdf&&sub=publications&&file=WAR93B+Warren+Emamdie+Biotropica+%282020_01_20+09_05_46+UTC%29.pdf)
- Gómez, I., & Thivant, L. (2015). Training manual for organic agriculture. [https://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability\\_pathways/docs/Compilation\\_techniques\\_organic\\_agriculture\\_rev.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/Compilation_techniques_organic_agriculture_rev.pdf)
- Hidlay, S. M. P., Padillo, L. A. O., & Adtoon, J. (s.f.). Development of an adjustable cacao pod-sleeving device. *University of Mindanao International Multidisciplinary Research Journal*, 8(1), 10-16. <https://umimirj.umindanao.edu.ph/files/55>
- Hilje, L. y Monge, J. (1988). Lista preliminar y consideraciones generales acerca de los animales vertebrados plaga en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 10, 39–52. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6499>
- Incer, J. (2018). *Geografía y ecología de Nicaragua*. Editorial Científica Nicaragüense.
- Mastro, M. (2025). *How to keep squirrels out of your fruit trees once and for all, according to experts*. Martha Stewart. <https://www.marthastewart.com/how-to-keep-squirrels-out-of-fruit-trees-11710787>
- Mendoza, D. y López, P. (2020). Importancia socioeconómica del cacao en Nicaragua. *Revista Agraria Nicaragüense*, 12(1), 25-37.
- Molina, M. y Briceño, J. (2018). Magnitud del daño por ardillas (*Sciurus granatensis*) en función de la longitud, color y madurez de mazorcas de cacao de la Cordillera de Mérida, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 52(3), 156-169. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/30913>

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

- Molina, M., & Mazon, M. (2022). Agrolandscape structure and damage caused by red squirrels to cocoa pods. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 39(4), e223951. [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v39.n4.06](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v39.n4.06)
- Navarro, M. y Mendoza, I. (2009). *Guía técnica para promotores: Cultivo del cacao en sistemas agroforestales*. Instituto para el Desarrollo y la Democracia (IPADE). [https://canacacao.org/wp-content/uploads/Guia\\_Cacao\\_Para\\_Promotores.pdf](https://canacacao.org/wp-content/uploads/Guia_Cacao_Para_Promotores.pdf)
- Perfecto, I. & Vandermeer, J. (2008). Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: A new conservation paradigm. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134(1), 173–200. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.011>
- Rice, R. A. & Greenberg, R. (2000). Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 29(3), 167–173. <https://www.jstor.org/stable/4314971>
- Rosmana, A., Shepard, M., Hebbar, P., & Mustari, A. (2010). Control of cocoa pod borer and Phytophthora pod rot using degradable plastic pod sleeves and a nematode. *Steinernema carpocapsae*. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 11(2), 41–47. <https://media.neliti.com/media/publications/64167-EN-control-of-cocoa-pod-borer-and-phytophth.pdf>
- Schroth, G., da Fonseca, G. A. B., Harvey, C. A., Gascon, C., Vasconcelos, H. L., & Izac, A. N. (Eds.). (2004). *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Island Press. [https://islandpress.org/books/agroforestry-and-biodiversity-conservation-tropical-landscapes?utm\\_source=chatgpt.com#desc](https://islandpress.org/books/agroforestry-and-biodiversity-conservation-tropical-landscapes?utm_source=chatgpt.com#desc)
- Spengler, T. (2022). *Bagging Fruit Trees – Why Put Bags On Fruit While Growing*. Gardening Know How. <https://www.gardeningknowhow.com/edible/fruits/feigen/bagging-fruit-trees.htm>

# RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

**Entomofauna presente en la etapa inicial de desarrollo de árboles plantados en bosque latifoliado, Panzós, Alta Verapaz, Guatemala**

**Entomofauna present in the initial stage of development of trees planted in broadleaf forest, Panzos, Alta Verapaz, Guatemala**

**Claudia Elizabeth Toledo-Perdomo<sup>1</sup>, María Floridalma Miguel-Ros<sup>2</sup>, Homero Javier Castañón Morán<sup>3</sup>, José Luis Morán Torres<sup>4</sup>**

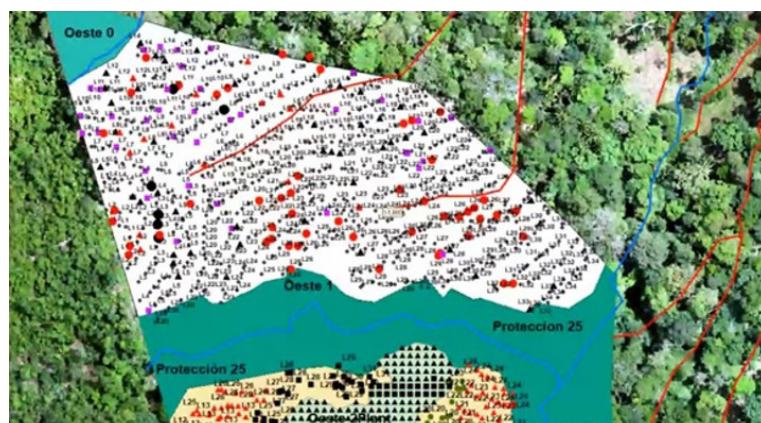
<sup>1</sup> Maestría en Entomología Agrícola, Escuela Nacional Central de Agricultura, Guatemala, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2281-3216> / toledo.perdomo@mail.com

<sup>2</sup> Especialización en Investigación Científica, Ingeniera en Ciencias Agronómicas. Instituto Nacional de Bosques, Guatemala / ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3039-7748> / maria.miguel@inab.gob.gt

<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola. Instituto Nacional de Bosques, Guatemala. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2014-5108> / homero.castanon@inab.gob.gt

<sup>4</sup> Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables. Instituto Nacional de Bosques, Guatemala. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3533-8496> / jolu.morant@gmail.com

*Autor de correspondencia:* toledo.perdomo@gmail.com / claudia.toledo@enca.edu.gt



## RESUMEN

Los bosques muy húmedos subtropicales son uno de los ecosistemas muy importantes para la preservación de la vida en el planeta. La determinación de la entomofauna asociada a una región vegetativa de interés aporta información que puede ser empleada en estudios de biodiversidad, riqueza o abundancia de especies o en temas relacionados a la sanidad vegetal. El objetivo de esta investigación fue determinar la entomofauna presente en la etapa inicial de desarrollo de árboles plantados en bosque latifoliado. Se hicieron muestreos por inspección directa en rodales que se encontraban en la etapa inicial de su desarrollo, se colectaron los insectos, se identificaron taxonómicamente hasta género y especie. Se analizó la cantidad y diversidad de la entomofauna, los factores climáticos que afectan a estas poblaciones, así como los insectos potencialmente plagas. Se identificaron cuatro órdenes taxonómicos en el total de colectas realizadas en los tres

## ABSTRACT

Subtropical rainforests are one of the most important ecosystems for preserving life on the planet. Determining the entomofauna associated with a vegetative region of interest provides information that can be used in biodiversity, species richness, or abundance studies, or in plant health-related topics. The objective of this research was to determine the entomofauna present during the initial development stage of trees planted in a broadleaf forest. Direct inspection sampling was conducted in stands in the early stages of development; insects were collected and taxonomically identified to genus and species. The abundance and diversity of the entomofauna, the climatic factors affecting these populations, and the potentially pest insects were analyzed. Four taxonomic orders were identified in the total collections made during the three-month field study: Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, and Orthoptera,

Recibido: 18 de marzo del 2025  
Aceptado: 20 de octubre del 2025



Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo donald.juarez@ci.una.edu.ni

© Copyright 2025. Universidad Nacional Agraria (UNA).

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

meses del estudio de campo: Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera y Orthoptera, de los cuales se identificaron 14 familias: Coleoptara: Curculionidae, Chrysomelidae, Lycidae, Bruchidae; Hemiptera: Cicadellidae, Ligaeoidea, Coreidae, Membracidae, Acanaloniidae; Hymenoptara: Chalcidoidea, Formicidae, Orthoptera: Acridiidae, Tettigonidae, Grillidae, 30 géneros y nueve especies. El orden que presentó mayor diversidad de especies colectadas fue Coleoptera con un 31 %, seguido de Hemiptera y Orthoptera con un 28 % cada uno, sin embargo, el que presentó el mayor número de capturas fue Orthoptera con un 39 % del total de las capturas realizadas. Los rodales con mayor diversidad de especies arbóreas presentaron menor número de insectos fitófagos. Se determinó que, en el mes de diciembre, donde disminuyó 2 °C la temperatura promedio, esta condición afectó la cantidad y diversidad de insectos.

**Palabras clave:** plaga potencial, abundancia, biodiversidad, insectos, poblaciones de insectos, biodiversidad.

of which 14 families were identified: Coleoptera: Curculionidae, Chrysomelidae, Lycidae, Bruchidae; Hemiptera: Cicadellidae, Ligaeoidea, Coreidae, Membracidae, Acanaloniidae; Hymenoptera: Chalcidoidea, Formicidae, Orthoptera: Acridiidae, Tettigonidae, Grillidae, 30 genera and nine species. The order with the greatest diversity of collected species was Coleoptera (31%), followed by Hemiptera and Orthoptera (28% each); however, Orthoptera accounted for the highest number of captures, representing 39% of all specimens collected. Stands with greater tree species diversity had fewer phytophagous insects. It was determined that in December, when the average temperature dropped by 2°C, this condition affected the abundance and diversity of insects.

**Keywords:** Potential pest, abundance, biodiversity, insects, insect populations, biodiversity.

**L**os bosques tropicales cubren casi el 15 % de la superficie terrestre y contienen alrededor del 25 % del carbono de la biosfera del planeta. Tienen un papel importante al ser refugio y sustento para otros organismos vivos como los humanos, animales, especies vegetales, hongos, bacterias, etc., teniendo en su entorno ríos, lagos y lagunas, así como aguas subterráneas con un valioso aporte a la vida. Los bosques proporcionan entre otras cosas, un lugar para vivir, energía, fuente de alimentos, bienes y servicios forestales. Se caracterizan por su clima cálido, alta humedad, beneficio a la flora y fauna silvestre y favorecen su diversidad (Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala [CONAP], 2021; Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2017).

Los bosques tropicales favorecen el equilibrio ecológico porque proporcionan oxígeno, facilitan que el agua de lluvia recargue el manto acuífero, la conservación de suelos肥iles, y ser fuente de bienes como madera y otros productos y materia prima para resinas, medicamentos, etc. (CONANP, 2017).

Existen sucesos provocados por el hombre o por fenómenos naturales que afectan a los bosques, siendo necesaria la restauración ecológica, que permite rehabilitar y recuperar el ecosistema dañado, aumentar la biodiversidad y salud del ambiente. Para esto es importante la identificación de afectaciones y los factores que limitan la regeneración del bosque, por ejemplo, las plagas forestales (Meli, 2003, Universidad Europea, 2023).

Las plagas forestales son un factor determinante en el desarrollo de los bosques, ya que estas al igual que las enfermedades, ocasionan diversos daños, entre los que destacan: defoliación, deformaciones e incluso la

muerte. Estas surgen por distintos motivos y los bosques se predisponen por acciones como el pastoreo, cambios del uso del suelo, detección tardía, mal manejo, malas prácticas de manejo silvícola o bien por contaminación o agentes patógenos externos. Actualmente existe poca información de las plagas en plantaciones establecidas en esta zona de vida. La zona de vida bosque muy húmedo subtropical cálido, se caracteriza por presentar períodos largos con precipitaciones entre 1 500 mm y 2 100 mm, temperaturas entre 21 °C y 25 °C, sin embargo, dependiendo de la altitud, puede llegar hasta los 34 °C, presentando una evapotranspiración media de 0.45 mm día<sup>-1</sup>; estas condiciones favorecen la zona para presentar una mayor biodiversidad (De la Cruz, 1976).

La existencia de plagas y enfermedades puede presentarse en cualquier edad de una plantación, sin embargo, en la etapa inicial del desarrollo de árboles subtropicales existe muy poca información y se desconoce el efecto de las poblaciones de insectos en esta etapa, por lo que es importante la identificación de la entomofauna que permita detectar a tiempo los posibles brotes que puedan convertirse en plaga y dañar las plantaciones forestales (Arguedas, 2008).

Los insectos tienen una función importante en los ecosistemas, pueden desempeñar diversos roles, por ejemplo, en las cadenas tróficas como reguladores de poblaciones, enemigos naturales (Laffont *et al.*, 2007) y otros pueden llegar a constituirse como plagas. La determinación de la entomofauna asociada a una región vegetativa de interés, aporta información que puede ser empleada en estudios de biodiversidad, riqueza o abundancia de especies o en temas relacionados a la sanidad vegetal. El objetivo de esta investigación es determinar la entomofauna presente en la etapa inicial de desarrollo de árboles plantados en bosque latifoliado.

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

### MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación y descripción del área de estudio.** El estudio se realizó en el municipio de Panzós, departamento de Alta Verapaz, Guatemala, en la finca La Constancia, ubicada a 15°30'06'' de latitud Norte y a 89°72'40'' de longitud Oeste. Panzós consta en un 87 % de una zona de vida cálida muy húmeda, con una vegetación típica de bosque muy húmedo subtropical cálido, un 9 % en zona templada muy húmeda, con flora dominante correspondiente a la de un bosque muy húmedo subtropical templado y 4 % correspondiente a una zona templada fría pluvial; su flora corresponde a la de un bosque pluvial montaña baja. La temperatura máxima de la región es de 42 °C, media 26 °C y mínima 16 °C (Gobernación Alta Verapaz, 2023).

El área de bosque secundario de la finca se encuentra constituido por 51 hectáreas, de las cuales el 40 % estuvo cultivada con café, (cultivo sin manejo, abandonado por más de 15 año). La finca tiene un área de 2.3 ha de plantación de especies forestales preciosas, con predominancia de caoba en la modalidad de enriquecimiento de bosque secundario. El distanciamiento entre árboles es de ocho metros entre surcos y tres metros entre plantas.

**Fase de campo.** Se realizaron colectas quincenales en árboles que se encontraban en su etapa inicial de crecimiento, empleando el método de inspección directa, durante un período de tres meses (octubre, noviembre y diciembre) del 2022; en cada muestreo se capturaron los insectos y su información se registró en una boleta de campo. Se utilizó el método de inspección directa en cada planta observada, revisando el has y el envés de las hojas, tallos y ramas; la información registrada fue: nombre del rodal (unidad de manejo forestal con características similares), especies arbóreas que lo conforman, fecha de colecta, número de insectos colectados por árbol y la especie arbórea donde se colectó el insecto.

Se establecieron dos áreas de muestreo, una exclusivamente con de Caoba (*Swietenia macrophylla* King.) y Teca (*Tectona grandis* L.) y la otra con árboles de las siguientes especies: Laurel (*Cordia alliodora* Ruiz & Pav.), Zapote (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn), Cortez (*Tabebuia chrysanthra* ((Jacq.) Mattos) = Syn. *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S. O. Grose), Cedro (*Cedrela odorata* L.), Rosul (*Dalbergia retusa* Hemsl.), Guapinol (*Hymenaea courbaril* L.), Chico Zapote (*Manilkara zapota* (L.) Van Royen), Chichipate (*Aspidosperma spruceanum* Benth. ex Müll.Arg.) San Juan (*Vochysia guatemalensis* Donn. Sm.) y Caoba (*Swietenia macrophylla* King.). Todos estos árboles que se encontraban en la etapa inicial.

Durante el estudio se registró: temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media, humedad relativa, precipitación pluvial; información obtenida de la estación

climática Constancia Polochic, que consiste en una PWS (Personal Weather Station), ubicada en el municipio de Panzós, Alta Verapaz, que registra información cada 15 minutos, a la que se accede de manera remota.

**Fase de laboratorio.** Cada muestra fue trabajada individualmente; se contabilizaron nuevamente los insectos capturados y se separaron por morfoespecies, tomando en cuenta los colores, tamaño y características morfológicas (tipos de antenas, patas, alas, etc.) posteriormente se procedió a la determinación taxonómica empleando las claves según órdenes, familias y géneros de cada insecto, con la ayuda de un estereoscopio con aumento 40X y un duplicador 2X. Algunos de los géneros se lograron identificar hasta especie.

### Análisis de la información

**Diversidad y cantidad de entomofauna.** Se determinó el número de especímenes colectados por orden, familia taxonómica, géneros y especies. Los insectos colectados se separaron según las especies arbóreas donde fueron colectadas, dividiéndolos en dos grupos: un grupo formado por los insectos presentes en caoba (*Swietenia macrophylla*) y el segundo grupo formado por los insectos presentes en el resto de las especies arbóreas. Se determinó el número de especies colectadas por mes de colecta clasificándolos por orden, familia y género.

**Insectos potencialmente plagas para las especies arbóreas en su etapa inicial.** Se clasificaron los insectos según hábito alimenticios (fitófagos, depredadores, parasitoides), así como la cantidad y frecuencia de capturas de cada género identificado según árbol de colecta.

**Condiciones climáticas que restringen la cantidad de insectos colectados.** Se registraron las condiciones climáticas de precipitación pluvial, humedad relativa (media, máxima, mínima), temperatura (media, máxima, mínima) durante los meses de octubre, noviembre y diciembre. Se determinó el número total de individuos capturados por cada mes de colecta y se analizó su relación con los factores climáticos, considerando los rodales muestreados.

**Abundancia de insectos por rodal.** Se determinó el número de insectos capturados por rodal por mes de colecta, la diversidad de géneros colectados por mes de colecta y la diversidad de las especies arbóreas que integran cada rodal.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Diversidad y cantidad de entomofauna.** La diversidad de insectos en bosques tropicales es afectada por factores bióticos y abióticos (Schowalter, 2006). En este estudio se identificaron cuatro órdenes taxonómicos de la clase insecta:

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera y Orthoptera, de las que se identificaron 14 familias; en el caso de Coleoptera: Curculionidae, Chrysomelidae, Lycidae y Bruchidae; Hemiptera: Cicadellidae, Ligaeoidea, Coreidae, Membracidae y Acanaloniidae; Hymenoptera: Chalcidoidea y Formicidae; Orthoptera: Acrididae, Tettigoniidae y Grillidae, con un total de 30 géneros y nueve especies (Cuadros 1 y 2).

El orden con mayor diversidad de especies fue Coleoptera, pero el mayor número de capturas de individuos se registró en el orden Orthoptera. Los órdenes Hemiptera y Orthoptera ocuparon el segundo lugar en especies colectadas (Cuadro 1). Estos tres órdenes presentan insectos fitófagos (insectos plagas), especialmente defoliadores en los órdenes Orthoptera, como *Abacris* sp. y Coleoptera, como *Labidomera* sp., pudiendo occasionar mayor daño, principalmente en las primeras fases fenológicas.

Según la abundancia de individuos por orden, el Orthoptera presentó un 38.67 % de los individuos con las familias Acrididae, Tettigoniidae y Grillidae. Tettigoniidae presenta 10 individuos, 13.33 % del total, con tres especies y Acrididae posee 17 individuos equivalentes al 22.67 % (Cuadro 2).

En cuanto a las familias taxonómicas, Acrididae presentó mayor número de colectas con un 22.67 %

respecto al total, seguido por Formicidae, Chrysomelidae y Tettigoniidae con un 13.33 % cada una (Cuadro 2), en estas familias tenemos especies fitófagas y algunas ya son consideradas plagas de importancia agrícola y forestal, con un amplio rango de plantas hospederas.

La familia Acrididae contiene más de 6 700 especies distribuidas en todo el mundo, es una familia muy diversa, con una amplia gama de dietas con comportamientos monófagos (se alimentan de una especie de plantas), polífagos (se alimentan de gran variedad de plantas), graminívoras (se alimentan de plantas que pertenecen al grupo de las gramíneas) (Nakano *et al.*, 2022; Song *et al.*, 2018), siendo la mayoría herbívoros distribuidos en una diversidad de ecosistemas, entre ellos, los bosques tropicales, presentando características en su morfología, ecología y comportamientos muy diversos, siendo una ventaja para su distribución (Song *et al.*, 2018); las especies

que presentan hábitos polífagos, tiene la ventaja de poder distribuirse en una diversidad de hábitats (Branson y Sword, 2009), por ejemplo *Abracris*, identificado tanto en caoba, teca y otras especies arbóreas.

El segundo orden con mayor cantidad de individuos es Coleóptera (25.32 %), con las familias: Chrysomelidae, Lycidae, Bruchidae y Curculionidae. Chrysomelidae presenta 10 individuos equivalente al 13.33 %, con cinco especies. La familia Lycidae con siete individuos y tres especies (Cuadro 2). Siendo este el orden más diverso. En la familia Chrysomelidae se obtuvieron cinco especies, siendo esta la más diversa entre todas las familias (Cuadro 2).

El orden Hemiptera presentó cinco familias: Membracidae, Coreidae, Cicadellidae, Acanaloniidae y Ligaeoidea; la familia Membracidae, posee la mayoría de los individuos colectados para ese género, con tres especies; Coreidae con cinco individuos de cuatro especies y por último, el orden Hymenoptera, con la familia Formicidae y Chalcididae (Cuadro 2).

**Cuadro 1.** Número de especies colectadas según orden taxonómico

Orden	Especies (octubre)	Especies (noviembre)	Especies (diciembre)	Especies colectadas	Especies por orden (%)	Individuos colectados	Individuos por orden (%)
Coleoptera	4	4	4	12	31	19	25
Hemiptera	2	7	2	11	28	16	21
Orthoptera	4	5	2	11	28	29	39
Hymenoptera	1	2	2	5	13	11	15
Colectas por mes	11	18	10	39		75	
Proporción por mes	28.21 %	46.15 %	25.64 %				

**Cuadro 2.** Número de individuos colectado por familia taxonómica y especie

Orden	Familia	Individuos capturados	Porcentaje de individuos	Especies
Coleoptera	Chrysomelidae	10	13.33	5
	Lycidae	7	9.33	3
	Bruchidae	1	1.33	1
	Curculionidae	1	1.33	1
Total Coleoptera		19	25.32	10
Hemiptera	Membracidae	7	9.33	3
	Coreidae	5	6.67	4
	Cicadellidae	2	2.67	2
	Acanaloniidae	1	1.33	1
	Ligaeoidea	1	1.33	1
Total Hemiptera		16	21.33	11
Hymenoptera	Formicidae	10	13.33	2
	Chalcididae	1	1.33	1
Total Hymenoptera		11	14.66	3
Orthoptera	Acrididae	17	22.67	3
	Tettigoniidae	10	13.33	3
	Grillidae	2	2.67	1
Total Orthoptera		29	38.67	7
Total de individuos capturados		75		

En el orden Hymenoptera, la familia Formicidae, reporta dos géneros, *Atta* y *Camponotus* (Cuadro 3). El género *Atta* construyen sus hormigueros bajo el suelo,

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

pueden mover grandes cantidades de suelo, eliminan el follaje de las plantas por ser insectos herbívoros y pueden ocasionar cambios en la composición de los ecosistemas naturales (Stephan *et al.*, 2015).

**Cuadro 3.** Especies colectadas según orden, familia y especies arbóreas

Orden	Familia	Colectas		Referencia
		Especie de insecto	Especie arbórea	
Coleoptera	Curculionidae	<i>Contrachelus sp.</i>	Caoba	Alonso-Zarazaga y Lyal, (1999)
		<i>Cerotoma sp.</i>		Laumann <i>et al.</i> (2004)
		<i>Labidomera suturella</i>		Ordóñez-Reséndiz (2014); Benítez-García <i>et al.</i> (2017); Wills (2004)
	Chrysomelidae	<i>Asphaera sp.</i>	Caoba	Niño-Maldonado <i>et al.</i> (2016)
		<i>Tapinaspis sp.</i>		Niño-Maldonado <i>et al.</i> (2016)
		<i>Stolas punicea</i>		Borowiec y Pomorska (2009)
Hemiptera	Bruchidae	Acanthoscelides	*Otras especies	Godínez-Cortés <i>et al.</i> (2017)
	Lycidae	<i>Calopteron terminale</i>	Caoba	Pérez-Hernández <i>et al.</i> (2019); Bocak y Bocakova (2008)
		<i>Plateros</i>	Caoba y *otras especies	Kazantsev (2006); Bocak y Bocakova (2008)
		<i>Calopteron sp.</i>	*Otras especies	Bocak y Bocakova (2008)
	Cicadellidae	<i>Dilobopterus instratus</i>		Wilson <i>et al.</i> (2009)
		<i>Oncometopia orbona</i>	Caoba	Wilson <i>et al.</i> (2009)
Hymenoptera	Ligaeoidea	<i>Acroleucus haemopterus</i>	Caoba	Brailovsky y Cervante (2008)
	Coreidae	<i>Acanthocephala femorata</i>	Caoba	McPherson <i>et al.</i> (2011)
		<i>Leptoglossus concolor</i>	*Otras especies	Brailovsky y van der Heyden (2019)
		<i>Romoniella</i>	*Otras especies	Linares y Orozco (2017)
	Membracidae	<i>Salamancaniella</i>	*Otras especies	Linares y Orozco (2017)
		<i>Cymbomorpha</i>	Caoba	Flynn (2012)
		<i>Centrotus</i>	*Otras especies	Flynn (2012)
Orthoptera	Acanthoniidae	<i>Umbonia cassicornis</i>	*Otras especies	Creão-Duarte y Sakakibara (1996)
			*Otras especies	University of Delaware (2023)
			*Otras especies	Branstetter y Sáenz (2012)
	Formicidae	<i>Camponotus</i>	*Otras especies	Branstetter y Sáenz (2012)
		<i>Atta</i>	*Otras especies	Branstetter y Sáenz (2012)
	Chalcididae	<i>Conura</i>	Caoba	Arias y Delvare (2003)
Orthoptera	Grillidae	<i>Oecanthus</i>	*Otras especies	Wlaker (1967)
	Acrididae	<i>Dichromorpha</i>	Caoba	Smith <i>et al.</i> (2004)
		<i>Melanoplus</i>	Caoba	Smith <i>et al.</i> (2004)
		<i>Abracris</i>	Caoba, *otras especies	Pocco y Cigliano (2020); Barreto y Wandscheer (2017)
	Tettigoniidae	<i>Neoconocephalus</i>	Caoba	Carvajal (2020)
		<i>Phlugis</i>	Caoba, *otras especies	Carvajal (2020); Nickle (2003)
		<i>Amblycorypha</i>	*Otras especies	Powders (1967)

Guatemala cuenta con maderas de gran durabilidad y resistencia, conocidas como maderas preciosas, destacando la Caoba, Cedro y Rosul; la Caoba y Cedro se reportaron en el 2021 entre las ocho especies con mayor valor comercial para el mercado exterior, Rosul también presenta valor comercial para la exportación (Fundación Naturaleza para la Vida, 2010; Instituto Nacional de Bosques, 2021). Uno de los retos para el manejo de las especies forestales son las plagas, siendo estas tres especies muy atractivas para los insectos; según los muestreos realizados, en estas especies, junto a los del rodal de Caoba y Teca, se capturaron el 89.44 % de los insectos (Cuadro 4).

La mayor proporción de insectos capturado se obtuvo en el rodal de Caoba, seguida por Caoba y Teca y Cedro (Cuadro 4). Estos resultados demuestran que la Caoba y el Cedro, aun siendo plantadas con otras especies arbóreas, son atractivas y de preferencia para los insectos. Dentro de la diversidad de insectos colectados, los fitófagos, podrían en

algún momento convertirse en plagas potenciales y ocasionar daño de importancia económica. En la familia Chrysomelidae, el género *Labidomera* ha sido asociado a recursos forestales maderables y no maderables (Martínez-Sánchez *et al.*, 2016).

El orden que presentó mayor diversidad de especies en las plantaciones de Caoba fue Coleoptera (Cuadro 3), en el que muchos de los géneros son fitófagos. El orden más abundante en número de individuos colectados en Caoba fue Orthoptera (Cuadro 5), este orden se caracteriza por incluir especies defoliadoras y algunas de ellas muy voraces, pudiendo causar daños considerados a la plantación. Orthoptera también fue el orden que presentó el mayor número de individuos colectados en Caoba, el género *Abacris*, seguido de *Atta* (Hymenoptera:Formicidae), *Labidomera* (Coleoptera:Chrysomelidae) y *Phlugis* (Orthoptera:Tettigoniidae) en conjunto representan el 49.99 % de individuos capturados (Cuadro 5).

La familia Chrysomelidae, es uno de los grupos más diversos y abundantes dentro del orden coleoptera, presentando aproximadamente 12 familias taxonómicas, más de 200 géneros y 36 000 especies (Bouchard *et al.*, 2011). Esta familia presentó mayor diversidad de géneros de insectos

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

en árboles de Caoba: *Cerotoma*, *Labidomera*, *Asphaera*, *Tapinaspis* y *Stolas* (Cuadro 3 y 5). Esta familia ha sido estudiada principalmente en insectos de importancia agrícola.

Lucio-García *et al.* (2020), en estudios de especies de Chrysomelidae asociadas a fragmentos de bosque tropical, reportan a los géneros *Cerotoma* y *Asphaera* y asocian la elevada riqueza de especies de insectos con la diversidad de las especies de plantas presentes.

**Cuadro 4.** Número de insectos capturados por especies arbóreas

Nombre común	Especie	Número de insectos	Proporción (%)
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	173	60.92
Caoba + teca	<i>Swietenia macrophylla</i> + <i>Tectona grandis</i>	41	14.79
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	23	8.10
Rosul	<i>Dalbergia retusa</i>	16	5.63
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	9	3.17
San Juan	<i>Vochysia guatemalensis</i>	7	2.46
Cortés	<i>Tabebuia chrysantha</i>	6	2.11
Zapote	<i>Pouteria sapota</i>	4	1.41
Guapinol	<i>Hymenaea courbaril</i>	4	1.41
Total		283	100

**Cuadro 5.** Proporción de insectos clasificados por orden, familia y género colectados en árboles de Caoba

Orden	Familia	Género	Individuos	Proporción (%)
Orthoptera	Acrididae	<i>Abracris</i>	8	19.05
Hymenoptera	Formicidae	<i>Atta</i>	5	11.90
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Labidomera</i>	4	9.52
Orthoptera	Tettigoniidae	<i>Phlugis</i>	4	9.52
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Tapinaspis</i>	3	7.14
Coleoptera	Lycidae	<i>Plateros</i>	2	4.76
Orthoptera	Acrididae	<i>Dichromorpha</i>	2	4.76
Orthoptera	Acrididae	<i>Melanoplus</i>	2	4.76
Coleoptera	Curculionidae	<i>Conotrachelus</i>	1	2.38
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Cerotoma</i>	1	2.38
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Asphaera</i>	1	2.38
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Stolas</i>	1	2.38
Coleoptera	Lycidae	<i>Calopteron</i>	1	2.38
Hemiptera	Cicadellidae	<i>Dilobopterus</i>	1	2.38
Hemiptera	Cicadellidae	<i>Oncometopia</i>	1	2.38
Hemiptera	Ligaeoidea	<i>Acroleucus</i>	1	2.38
Hemiptera	Coreidae	<i>Acanthocephala</i>	1	2.38
Hemiptera	Membracidae	<i>Cymbomorpha</i>	1	2.38
Hymenoptera	Chalcidoidea	<i>Conura</i>	1	2.38
Orthoptera	Tettigoniidae	<i>Neoconocephalus</i>	1	2.38
Total			42	

La familia más abundante en todas las colectas fue Acrididae del orden Orthoptera y el género más abundante fue *Abracris* (Acrididae:Orthoptera). De esta familia, también se colectaron los géneros *Dichromorpha* y *Melanoplus*, así como especímenes de las familias Grillidae (un género) y Tettigonidae (tres géneros) (Cuadro 6).

Los géneros *Conotrachelus*, *Cerotoma*, *Asphaera*, *Stolas*, *Calopteron*, *Dilobopterus*, *Oncometopia*, *Acanthocephala*, *Acroleucus*, *Cymbomorpha*, *Conura* y *Neoconocephalus*, representados por un solo individuo, comprenden el 28.57 % (Cuadro 6).

Acrididae fue la familia que presentó el mayor número de individuos capturados (17 individuos) considerando los tres géneros identificados (*Abracris*, *Dichromorpha* y *Melanoplus*); tomando en cuenta la abundancia de individuos, además de su hábito fitófago y defoliador, estos insectos podrían ser considerados como plagas potenciales, siendo importante continuar con los estudios poblacionales. La familia Tettigonidae

y Chrysomelidae le sigue en cantidad de captura (10), considerando los tres géneros de Tettigonidae y cinco de Chrysomelidae (Cuadro 6).

La familia Acrididae, contiene más de seis especies distribuidas en todo el mundo, es una familia muy diversa, con una amplia gama de dietas con comportamientos monófagos (se alimentan de una especie de plantas), polífagos (se alimentan de gran variedad de plantas) y graminívoras (se alimenta de gramíneas) (Nakano *et al.*, 2022; Song *et al.*, 2018), siendo la mayoría herbívoros distribuidos en una diversidad de ecosistemas, entre ellos, los bosques tropicales, diferenciados por sus características morfológicas, ecología y comportamiento diverso, siendo una ventaja para su distribución (Song *et al.*, 2018). Las especies que presentan hábitos polífagos, tiene la ventaja de poder distribuirse en una diversidad de hábitats (Branson y Sword, 2009), por ejemplo, *Abracris*, que se identificó en todos los rodales.

La familia Chrysomelidae presentan especies con distintos hábitos alimenticios como monófagas y oligófagas o polífagas. Pueden alimentarse de diversas partes de las plantas como: hojas, flores, frutos, polen y raíces (Ordóñez-Reséndiz *et al.*, 2014), por estas características, es una familia de interés para ser considerados como plagas potenciales, así como las familias Formicidae, Lycidae y Membracidae (Cuadro 6).

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

**Cuadro 6.** Número de individuos capturados por familia y género en especies de Caoba y otras especies arbóreas

Familia	Género	Individuos en caoba	Individuos en otras especies	*Número de captura	Frecuencia de captura (%)	Individuos capturados	Frecuencia de individuos (%)
Acrididae	<i>Abracris</i>	8	5	3	7.69	13	17.33
Formicidae	<i>Atta</i>	5	4	3	7.69	9	12.00
Tettigoniidae	<i>Phlugis</i>	4	2	2	5.13	6	8.00
Membracidae	<i>Centrotus</i>		5	1	2.56	5	6.67
Chrysomelidae	<i>Labidomera</i>	4		1	2.56	4	5.33
Lycidae	<i>Plateros</i>	2	2	1	2.56	4	5.33
Chrysomelidae	<i>Tapinaspis</i>	3		3	7.69	3	4.00
Tettigoniidae	<i>Amblycorypha</i>		3	2	5.13	3	4.00
Lycidae	<i>Calopteron</i>		2	1	2.56	2	2.67
Coreidae	<i>Romoniella</i>		2	1	2.56	2	2.67
Acrididae	<i>Dichromorpha</i>	2		1	2.56	2	2.67
Acrididae	<i>Melanoplus</i>	2		1	2.56	2	2.67
Grillidae	<i>Oecanthus</i>		2	1	2.56	2	2.67
Bruchidae	<i>Acanthoscelidae</i>		1	1	2.56	1	1.33
Chrysomelidae	<i>Cerotoma</i>	1		1	2.56	1	1.33
Chrysomelidae	<i>Asphaera</i>	1		1	2.56	1	1.33
Chrysomelidae	<i>Stolas</i>	1		1	2.56	1	1.33
Curculionidae	<i>Conotrachelus</i>	1		1	2.56	1	1.33
Lycidae	<i>Calopteron</i>	1		1	2.56	1	1.33
Acanaloniidae	<i>Batusa</i>		1	1	2.56	1	1.33
Cicadellidae	<i>Dilobopterus</i>	1		1	2.56	1	1.33
Cicadellidae	<i>Oncometopia</i>	1		1	2.56	1	1.33
Coreidae	<i>Acanthocephala</i>	1		1	2.56	1	1.33
Coreidae	<i>Leptoglossus</i>		1	1	2.56	1	1.33
Coreidae	<i>Salamancaniella</i>		1	1	2.56	1	1.33
Ligaeoidea	<i>Acroleucus</i>	1		1	2.56	1	1.33
Membracidae	<i>Cymbomorpha</i>	1		1	2.56	1	1.33
Membracidae	<i>Umbonia</i>		1	1	2.56	1	1.33
Chalcidoidea	<i>Conura</i>	1		1	2.56	1	1.33
Formicidae	<i>Camponotus</i>		1	1	2.56	1	1.33
Tettigoniidae	<i>Neoconocephalus</i>	1		1	2.56	1	1.33
		42	33	39	100	75	100

\*número de capturas: 1 = presente en un mes, 2 = presente en dos meses, 3 = presente en los tres meses.

La frecuencia en la colecta demostró que las especies del género *Tapinasis* sp., (Chrysomelidae:Coleoptera), *Atta* sp., (Formicidae:Hymenoptera) y *Abracris* sp., (Acrididae:Orthoptera), con 3, 9 y 13 individuos (Cuadro 6), respectivamente, estuvieron presentes en los tres meses de colecta (Cuadro 7), todos defoliadores. Las especies *Amblycorypha* sp. (tres individuos) y *Phlugis* sp. (seis) (Tettigoniidae:Orthoptera) (Cuadro 6), se presentaron solo en dos momentos (Cuadro 7), ambas de hábito masticador.

Los principales daños en las plantaciones corresponden a insectos defoliadores, como las especies pertenecientes a los órdenes Orthoptera, Coleoptera e Hymenoptera, constituyéndose como potenciales plagas los géneros *Abracris*, *Atta* y *Tapinasis*.

El género *Abracris* incluye especies que se encuentran ampliamente distribuidas en la región del neotrópico (Roberts y Carbonell, 1981), se puede encontrar en hábitats arbustivos, vegetación de crecimiento secundario y áreas de bosque desde secos hasta tropicales húmedos (Rowell, 1987; Braker, 1991). Se han reportado para este género más de 25 familias botánicas como fuentes de alimento; algunas de estas corresponden a: Aristolochiaceae, Asclepiadaceae, Asteraceae, Fabaceae (Cesalpinoideae), Flacourtiaceae, Ulmaceae, Rubiaceae, Sapindaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae,

Sapindaceae, Nyctaginaceae, Sterculiaceae, Lamiaceae, Verbenaceae, Malpighiaceae, Lauraceae, Celastraceae, Rhamnaceae, Combretaceae, Liliaceae, Boraginaceae, Melaginaceae, Meliaceae, Malvaceae y Annonaceae (Rowell, 1987; Sperber, 1996).

*Abracris dilecta* presenta características biológicas de un generalista (polífagos y prosperan en diversos hábitats) y se encuentra presente en un amplio rango geográfico del neotrópico, sin embargo, presenta una dieta más estrecha que los saltamontes sin alas, estos podrían tener una dieta mucho más amplia debido a su limitación de desplazamiento (Sperber, 1996); aunque presenta una dieta menos amplia que otros saltamontes, el amplio rango de familias taxonómicas

presentes en el área de estudio, le confiere ventaja para su sobrevivencia y reproducción, pudiendo en determinado momento ocasionar daños de importancia económica.

Especies del género *Atta* puede causar pérdidas severas al sector forestal y agrícola como cortador o defoliador, material que traslada para su nido, para ser utilizado como sustrato para el cultivo de hongos simbiontes que servirán para su alimentación (Jung *et al.*, 2013).

*Tapinaspis*, es un género perteneciente a la familia Chrysomelidae, estos escarabajos han demostrado estar asociados a las plantas hospederas, heterogeneidad del hábitat y condiciones climáticas. Son fitófagos, que se alimentan principalmente de hojas, flores, frutos y semillas (Bieńkowski, 2010; Hanson y Nishida, 2016). Las plagas defoliadoras al reducir el área foliar limitan la capacidad fotosintética y la generación de azúcares esenciales para el normal crecimiento, limitando el desarrollo de la planta y provocando estrés fisiológico. Esta situación combinada con factores climáticos, carencia de agua y nutrientes, podrían afectar de manera irreversible a las plantas (Amaral y Machado-Santelli, 2008).

El daño de los insectos defoliadores en especies de árboles tropicales provoca deficiencia en su crecimiento y desarrollo como el diámetro de tallo, pérdida de turgencia,

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

pérdida de la capacidad de captación de luz, pudiendo requerir hasta de 150 días para recuperar estas capacidades (Valverde *et al.*, 2020).

**Cuadro 7.** Géneros colectados según momento de muestreo

Género (octubre)	Géneros (noviembre)	Géneros (diciembre)
<i>Tapinaspis</i> sp. <sup>3</sup>	<i>Atta</i> sp. <sup>3</sup>	<i>Abracris</i> sp. <sup>3</sup>
<i>Abracris</i> sp. <sup>3</sup>	<i>Abracris</i> sp. <sup>3</sup>	<i>Tapinaspis</i> sp. <sup>3</sup>
<i>Atta</i> sp. <sup>3</sup>	<i>Tapinaspis</i> sp. <sup>3</sup>	<i>Atta</i> sp. <sup>3</sup>
<i>Phlugis</i> sp. <sup>2</sup>	<i>Phlugis</i> sp. <sup>2</sup>	<i>Amblycorypha</i> sp. <sup>2</sup>
<i>Contrachelus</i> sp. <sup>1</sup>	<i>Amblycorypha</i> sp. <sup>2</sup>	<i>Conura</i> sp. <sup>1</sup>
<i>Dilobopterus</i> sp. <sup>1</sup>	<i>Cymbomorpha</i> sp. <sup>1</sup>	<i>Oncometopia</i> sp. <sup>1</sup>
<i>Labidomera</i> sp. <sup>1</sup>	<i>Leptoglossus</i> sp. <sup>1</sup>	<i>Asphaera</i> sp. <sup>1</sup>
<i>Melanoplus</i> sp. <sup>1</sup>	<i>Neoconocephalus</i> sp. <sup>1</sup>	<i>Romoniella</i> sp. <sup>1</sup>
<i>Dichlomorpha</i> sp. <sup>1</sup>	<i>Oecanthus</i> sp. <sup>1</sup>	<i>Stolas</i> sp. <sup>1</sup>
<i>Acroleucus</i> sp. <sup>1</sup>	<i>Cerasa</i> sp. <sup>1</sup>	<i>Calopteron</i> sp. <sup>1</sup>
<i>Cerotoma</i> sp. <sup>1</sup>	<i>Calopteron</i> sp. <sup>1</sup>	
	<i>Salamancaniella</i> sp. <sup>1</sup>	
	<i>Batusa</i> sp. <sup>1</sup>	
	<i>Umbonia</i> sp. <sup>1</sup>	
	<i>Acanthocephala</i> sp. <sup>1</sup>	
	<i>Acanthoscelidae</i> sp. <sup>1</sup>	
	<i>Plateros</i> sp. <sup>1</sup>	
Total	11	17
		10

1: Especies colectadas en un mes, 2: especie colectada en dos meses, 3: especies colectadas en los tres.

**Condiciones climáticas que restringen la cantidad de insectos colectados.** La cantidad de insectos totales colectados en octubre, noviembre y diciembre fue de 115 (Figura 1). Las precipitaciones registradas por época de muestreo corresponden a 224 mm en octubre, 126 mm en noviembre y 106 mm en diciembre.

El mes de noviembre fue el que presentó mayor cantidad y diversidad de especies colectadas, mientras que diciembre presentó menor diversidad (Cuadro 7) y número de individuos (Figura 1), pudiendo sugerir que durante este mes las condiciones climáticas fueron las menos favorables para estos insectos, ya que se registró la menor cantidad de lluvias y la temperatura promedio disminuyó 2 °C (Figura 1).

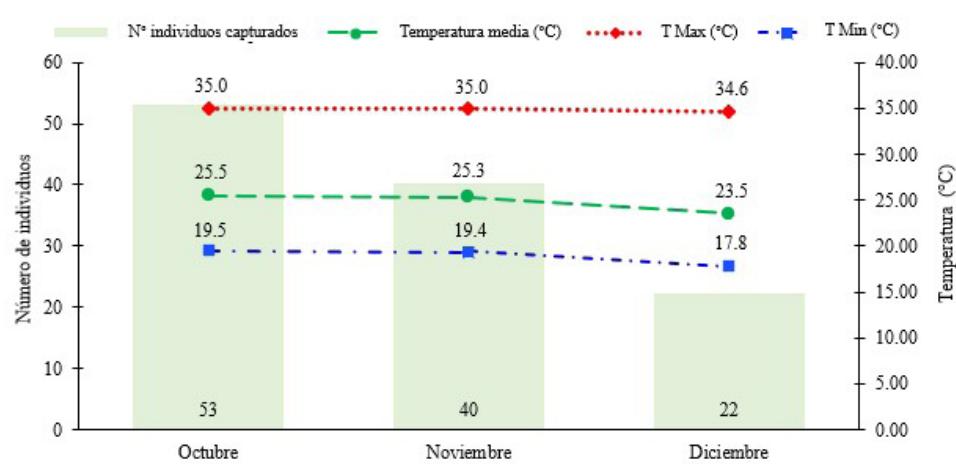
Los cambios en las condiciones climáticas y otras condiciones ecológicas son claves en las comunidades de organismos vivos, como los insectos; los cambios estacionales (época lluviosa – época seca) también afectan la estructura y composición de estas

comunidades, las que influyen en la riqueza de las especies (Rzedowski, 2006; Pimm, 2007, Lucio-García *et al.*, 2020), al igual que los cambios en las precipitaciones y aumento en las temperaturas (Brook *et al.*, 2008).

Estudios realizados en variaciones estacionales en comunidades de Chrysomelidae mostró que, de las subfamilias presentes, Galerucinae, Eumolpinae y Cassidinae presentaron mayor variación en el número de especímenes entre la época seca y época lluviosa. Estas subfamilias fueron más abundantes al final de la época seca y comienzo de la lluviosa. Sin embargo, los datos temporales también mostraron que los escarabajos fitófagos fueron más abundantes en la temporada lluviosa (Lucio-García *et al.*, 2023).

Lucio-García *et al.* (2022), demostraron que la estacionalidad provocó cambios significativos en la abundancia y el número de especies de escarabajos de la hoja, dónde la mayor riqueza se registró en la temporada de lluvia y la mayor diversidad de especies en la época de poca lluvia. De las siete variables microclimáticas que estudiaron, la temperatura, el índice de calor, la evapotranspiración y la velocidad del viento se relacionaron significativamente con los cambios en la abundancia de la familia Chrysomelidae.

Estos mismos autores afirman que cada especie exhibe un patrón de respuesta diferente al microclima, dependiendo de la estación del año, lo que sugiere que las especies pueden presentar modificaciones en sus requerimientos de nicho de acuerdo con las condiciones abióticas. Esto demuestra la importancia de estudios de poblaciones de insectos durante distintas épocas del año.



**Figura 1.** Número de individuos capturado según meses de muestreo en relación con la temperatura.

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

**Abundancia de insectos.** Los rodales que presentaron la mayor abundancia de insectos (número de individuos por rodal), fueron ocho, nueve y diez, los cuales están compuesto solamente por dos especies: Caoba y Teca (rodal ocho y nueve) y Cedro, Caoba y Rosul (rodal diez). El estudio demostró que los rodales con mayor cantidad de especies de árboles presentaron menor abundancia de insectos fitófagos (Cuadro 8).

Los rodales que presentan mayor diversidad de especies arbóreas aportaran beneficios para la conservación de la biodiversidad de especies, biodiversidad genética y beneficio al ecosistema en general (Robledo, 2007), características que carecen los monocultivos, siendo estos más predispuestos a las plagas y enfermedades. Los muestreos demostraron que, en los rodales mixtos, con diversidad de especies arbóreas, contabilizaron menor cantidad de especies potencialmente plagas y mayor diversidad de insectos con otros hábitos alimenticios, como los depredadores y parásitoides, que podría ser benéficos para la regulación de poblaciones de insectos fitófagos.

Jiménez-Martínez *et al.* (2008), también demostraron que en policultivos se presenta mayor cantidad de artrópodos benéficos que en monocultivos. El daño que los insectos puedan ocasionar en rodales mixtos o puros (de una especie arbórea), también presentará una relación por sus características, donde los rodales puros favorecerán la propagación de la población de insectos-plaga aumentando

**Cuadro 8.** Especies de árboles y número de insectos colectados por rodal

Rodal	Árboles presentes	Nº de especies de árboles	Nº capturas			Nº de insectos fitófagos
			Oct	Nov	Dic	
1	Caoba, Cedro, Guapinol, Cortez, Rosul, San Juan, Zapote, Laurel	8	21	16	11	39
2	Caoba, Cedro, Rosul, Cortez, San Juan, Laurel, Guapinol	7	12	13	6	28
3	Cedro, Caoba, Zapote, Rosul, San Juan, Laurel, Cortéz, Guapino,	8	20	11	5	31
4	Zapote, Laurel, Guapinol, Cortez, San Juan	5	-	7	-	7
5	Laurel, Caoba, San Juan, Cortez, Zapote, Guapinol,	6	-	17	-	16
6	Caoba, Guapinol, Laurel, Cortez, Cedro, Rosul	6	-	22	-	18
7	Caoba, Cedro, Rosul, Guapinol, Laurel, Cortez, San Juan, Zapote	8	-	18	-	13
8	Caoba, Teca	2	23	17	-	40
9	Caoba, Teca	2	21	21	-	41
10	Caoba, Cedro, Rosul	3	24	22	-	46

los riesgos fitosanitarios, por lo que es necesario buscar alternativas para disminuir la homogeneidad de los rodales puros (Loewe y González, 2006).

## CONCLUSIONES

La alta diversidad arbórea en los rodales está asociada a menor presencia de insectos fitófagos potencialmente plagas, ya que actúa como un mecanismo natural de regulación de las poblaciones insectiles y favorece la sanidad vegetal.

La identificación de la entomofauna, estrategias de monitoreo y análisis de las variaciones en la temperatura, son esenciales para la detección de cambios en la diversidad insectil, prevenir daños en estos ecosistemas y promover la sostenibilidad y protección ante amenazas de potenciales plagas y enfermedades emergentes.

## AGRADECIMIENTO

Al Instituto Nacional de Bosques por haber otorgado la beca de investigación para la realización de este estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso-Zarazaga, M. A., & Lyal, C. H. C. (1999). *A world catalogue of families and genera of Curculionoidea (Insecta: Coleoptera) (excluding Scolytidae and Platypodidae)*. [https://weevil.myspecies.info/sites/weevil.info/files/Alonso-Zarazaga%20%26%20Lyal,%201999\\_World%20Catalogue%20\(searchable\).pdf](https://weevil.myspecies.info/sites/weevil.info/files/Alonso-Zarazaga%20%26%20Lyal,%201999_World%20Catalogue%20(searchable).pdf)
- Amaral, M., & Machado-Santelli, G. (2008). Salivary system in leaf-cutting ants (*Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908) castes: A confocal study. *Micron*, 39(8), 1222–1227. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2008.04.006>
- Arguedas, M. (2008). Plagas y enfermedades forestales en Costa Rica. *Kuru*, 5(1), 1–10. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/494/422>
- Arias, C. y Delvare, G. (2003). Lista de los géneros y especies de la familia Chalcididae (Hymenoptera: Chalcidoidea) de la región neotropical. *Biota Colombiana*, 4(2), 123–145. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49140201>
- Barreto, M. R. y Wandscheer, R. B. (2017). Registro de ortópteros (Orthoptera: Caelifera, Ensifera) presentes no Acervo Biológico da Amazônia Meridional, Brasil. *EntomoBrasilis*, 10(3), 187–193. <https://doi.org/10.12741/ebrazilis.v10i3.663>
- Benítez-García, B., López-Pérez, S. y Zaragoza-Caballero, S. (2017). Sinopsis de los géneros mexicanos de Chrysomelinae (Coleoptera: Chrysomelidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2), 335–348. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.026>

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

- Bieńkowski, A. O. (2010). Feeding behavior of leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). *Entomological Review*, 90(1), 1–10. <https://doi.org/10.1134/S001387381001001X>
- Bocak, L., & Bocakova, M. (2008). Phylogeny and classification of the family Lycidae (Insecta: Coleoptera). *Annales Zoologici*, 58(4), 695–721. <https://doi.org/10.3161/000345408X396639>
- Borowiec, L., & Pomorska, J. (2009). The structure of the spermathecae of the genus *Stolas* (Coleoptera: Chrysomelidae: Cassidinae: Mesomphaliini) and its taxonomic significance. *Annales Zoologici*, 59(2), 201–221. <https://doi.org/10.3161/000345409X464038>
- Bouchard, P., Bousquet, Y., Davies, A. E., Alonso-Zarazaga, M. A., Lawrence, J. F., Lyal, C. H. C., Newton, A. F., Reid, C. A. M., Schmitt, M., Ślipiński, S. A., & Smith, A. B. T. (2011). Family-group names in Coleoptera (Insecta). *ZooKeys*, 88, 1–972. <https://doi.org/10.3897/zookeys.88.807>
- Brailovsky, H., & Cervantes, L. (2008). Two new species and distribution records of the genus *Acroleucus* in Mexico (Hemiptera: Heteroptera: Lygaeidae: Lygaeinae). *Florida Entomologist*, 91(1), 49–54. <http://www.jstor.org/stable/20065927>
- Brailovsky, H., & van der Heyden, T. (2019). New distributional notes and key to the known species of *Leptoglossus* Guérin-Méneville from Guatemala (Heteroptera: Coreidae: Coreinae: Anisoscelini). *Revista Chilena de Entomología*, 45(1), 175–180.
- Braker, E. (1991). Natural history of a neotropical gap-inhabiting grasshopper. *Biotropica*, 23(1), 41–50. <https://doi.org/10.2307/2388686>
- Branson, D. H., & Sword, G. A. (2009). Grasshopper herbivory affects native plant diversity and abundance in a grassland dominated by the exotic grass *Agropyron cristatum*. *Restoration Ecology*, 17(1), 89–96. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2007.00343.x>
- Branstetter, M. G. y Sáenz, L. (2012). Las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Guatemala. En E. B. Cano y J. C. Schuster (Eds.), *Biodiversidad de Guatemala* (Vol. 2, pp. 221–268). Universidad del Valle de Guatemala.
- Brook, W. B., Sodhi, N. S., & Bradshaw, C. J. A. (2008). Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology and Evolution*, 23(8), 453–460. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.03.011>
- Carvajal, V. (2020). *Los Tettigoniidae y sus extraordinarias formas*. Escuela Politécnica Nacional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21190>
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala. (2021). *Importancia de los bosques tropicales*. <https://conap.gob.gt/importancia-de-los-bosques-tropicales/>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2017). *La importancia que tienen los bosques tropicales*. <https://www.gob.mx/conanp/articulos/la-importancia-que-tienen-los-bosques-tropicales>
- Creão-Duarte, A. J., & Sakakibara, A. M. (1996). Revisão do gênero *Umbonia* Burmeister (Homoptera: Membracidae: Membracinae: Hoplophorionini). *Revista Brasileira de Zoologia*, 13(4), 973–994. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751996000400018>
- De la Cruz, R. (1976). *Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basada en el sistema Holdridge*. INAFOR.
- Flynn, D. (2012). Checklist of treehoppers of Panama (Hemiptera: Membracidae) with a list of checklists and keys to the Nearctic and Neotropical fauna. *Zootaxa*, 3405, 35–63. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3405.1.3>
- Fundación Naturaleza para la Vida. (2010). *Inventario nacional de caoba, cedro y rosul como una herramienta para fortalecer el manejo sustentable y la comercialización de estas especies*. Fundación Naturaleza para la Vida. <https://cites.org/sites/default/files/common/com/pc/19/S19i-05.pdf>
- Gobernación de Alta Verapaz. (2023, 6 de marzo). *Panzós*. [https://gobernacionaltaverapaz.gob.gt/?page\\_id=6073](https://gobernacionaltaverapaz.gob.gt/?page_id=6073)
- Godínez-Cortés, S., Romero Nápoles, J. y Castellanos, I. (2017). Especies de la familia Bruchidae (Coleoptera) en Zimapán, Hidalgo, México: nuevos registros, hospederos y clave para su identificación. *Acta Zoológica Mexicana*, 33(2), 266–313. <https://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v33n2/2448-8445-azm-33-02-00266.pdf>
- Hanson, P. E., & Nishida, K. (2016). *Insects and other arthropods of tropical America*. Zona Tropical Publications, Cornell University Press. <https://doi.org/10.7591/9781501704291>
- Instituto Nacional de Bosques. (2021). *Exportación de productos forestales*. <https://www.inab.gob.gt/images/boletines/industria/Boletin%20exportaciones%20123.pdf>
- Jiménez Martínez, E., Sandino, V., Pérez, D. y Sánchez, D. (2008). Comparación de la incidencia poblacional de insectos plagas y benéficos en arreglos de monocultivo versus policultivos de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.), pipián (*Cucurbita pepo* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *La Calera*, 8(9), 5–11. <https://lacalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/119>
- Jung, P. H., da Silveira, A. C., Nieri, E. M., Potrich, M., Lozano da Silva, E. R., & Refatti, M. (2013). Atividade inseticida de *Eugenia uniflora* L. e *Melia azedarach* L. sobre *Atta laevigata* Smith. *Floresta e Ambiente*, 20(2), 191–196. <https://doi.org/10.4322/floram.2013.015>
- Kazantsev, S. V. (2006). New platerodine taxa from Costa Rica (Coleoptera: Lycidae). *Russian Entomological Journal*, 15(1), 35–42. [https://kmkjournals.com/upload/PDF/REJ/15/ent15\\_1%2020035\\_042%20Kazantsev.pdf](https://kmkjournals.com/upload/PDF/REJ/15/ent15_1%2020035_042%20Kazantsev.pdf)
- Laffont, E. R., Coronel, J. M., Godoy, M. C. y Torales, G. J. (2007). Entomofauna de bosques nativos del Chaco húmedo (provincias de Chaco y Formosa, Argentina): aportes al conocimiento de su diversidad. *Quebracho: Revista de Ciencias Forestales*, 14, 57–64. <https://www.redalyc.org/pdf/481/48101406.pdf>
- Laumann, R., Ribeiro, P. H., Pires, C. S. S., Schmidt, F. G. V., Borges, M., Moraes, B. M. C., & Sujii, E. R. (2004). Diversidade de crisomelídeos-praga (Coleoptera: Chrysomelidae) no Distrito Federal. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia*.
- Linares, C. A., & Orozco, J. (2017). The Coreidae of Honduras (Hemiptera: Coreidae). *Biodiversity Data Journal*, 5(5), e13067. <https://doi.org/10.3897/BDJ.5.e13067>

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

- Loewe, V. y González, M. (2006). *Plantaciones mixtas: un modelo productivo con potencial para Chile*. Instituto Forestal (INFOR). <https://www.researchgate.net/publication/263101520>
- Lucio-García, J. N., Horta-Vega, J. V., Venegas-Barrera, C. S., Clark, S. M., Martínez-Luque, E. O., & Niño-Maldonado, S. (2023). Seasonal variation of the community of Chrysomelidae (Coleoptera) in a temperate forest at Tamaulipas, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 48(1), 120–144. <https://doi.org/10.3958/059.048.0112>
- Lucio-García, J. N., Sánchez-Reyes, U. J., Horta-Vega, J. V., Coronado-Blanco, J. M., Reyes-Muñoz, J. L. y Niño-Maldonado, S. (2020). Especies de Galerucinae (Coleoptera: Chrysomelidae) asociadas a fragmentos de bosque tropical del estado de Tamaulipas. *Entomología Mexicana*, 7, 286–293.
- Lucio-García, J. N., Sánchez-Reyes, U. J., Horta-Vega, J. V., Reyes-Muñoz, J. L., Clark, S. M., & Niño-Maldonado, S. (2022). Seasonal and microclimatic effects on leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in a tropical forest fragment in northeastern Mexico. *ZooKeys*, 1080, 21–52. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1080.76522>
- Martínez-Sánchez, I., Niño-Maldonado, S., Lara Villalón, M., Romero Nápoles, J. y Clark, S. M. (2016). Crisomélidos asociados a recursos forestales maderables y no maderables en Victoria, Tamaulipas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(8), 1945–1957. <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263149505013.pdf>
- McPherson, J. E., Packauskas, R. J., Sites, R. W., Taylor, S. J., Bundy, C. S., Bradshaw, J. D., & Mitchell, P. L. (2011). Review of Acanthocephala (Hemiptera: Coreidae) of America north of Mexico with a key to species. *Zootaxa*, 2835(1), 1–30.
- Meli, P. (2003). Restauración ecológica de bosques tropicales: veinte años de investigación académica. *Interciencia*, 28(10), 581–589. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442003001000006](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003001000006)
- Nakano, M., Morgan-Richards, M., Trewick, S. A., & Clavijo-McCormick, A. (2022). Chemical ecology and olfaction in short-horned grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Chemical Ecology*, 48, 121–140. <https://doi.org/10.1007/s10886-021-01333-3>
- Nickle, D. A. (2003). New neotropical species of the genus Phlugis (Orthoptera: Tettigoniidae: Meconematinae). *Journal of Orthoptera Research*, 12(1), 37–56. [https://doi.org/10.1665/1082-6467\(2003\)012\[0037:NNSOTG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1665/1082-6467(2003)012[0037:NNSOTG]2.0.CO;2)
- Niño-Maldonado, S., Sánchez-Reyes, U. J., Clark, S. M., Toledo-Hernández, V. H., Corona-López, A. M., & Jones, R. W. (2016). Checklist of leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) from the state of Morelos, Mexico. *Zootaxa*, 4088(1), 91–111. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4088.1.4>
- Ordóñez-Reséndiz, M. M. (2014). *Catálogo de autoridades taxonómicas y base de datos curatorial de la familia Chrysomelidae en México*. SNIB–CONABIO. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfHS003.pdf>
- Ordóñez-Reséndiz, M. M., López-Pérez, S. y Rodríguez-Mirón, G. (2014). Biodiversidad de Chrysomelidae (Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 271–278. <https://doi.org/10.7550/rmb.31424>
- Pérez-Hernández, C. X., Zaragoza-Caballero, S., & Romo-Galicia, A. (2019). Checklist of net-winged beetles (Coleoptera: Lycidae) from Mexico. *Zootaxa*, 4623(2), 239–260. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4623.2.2>
- Pimm, S. L. (2007). Biodiversity: Climate change or habitat loss—Which will kill more species? *Current Biology*, 18(3), 117–119. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2007.11.055>
- Pocco, M. E., & Cigliano, M. M. (2020). The grasshoppers (Orthoptera: Acridomorpha) from the Mitaraka Mountain Range, French Guiana. *Zoosistema*, 42(7), 105–114. <https://doi.org/10.5252/zoosistema2020v42a7>
- Powders, V. N. (1967). The Tettigoniidae (Orthoptera) of Oklahoma. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science*, 47, 87–98. <https://ojs.library.okstate.edu/osu/index.php/OAS/article/view/4500>
- Roberts, H. R., & Carbonell, C. S. (1981). A revision of the Neotropical genus Abracris and related genera (Orthoptera: Acrididae: Ommatolampinae). *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 133, 1–14. <http://www.jstor.org/stable/4064766>
- Robledo, C. (2007). *Servicios de los ecosistemas forestales en Guatemala*. [http://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2794/Technical/S-PPD-101-04-R1-M\\_Servicios%20ambientales%20de%20los%20ecosistemas%20forestales%20en%20Guatemala-V1.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2794/Technical/S-PPD-101-04-R1-M_Servicios%20ambientales%20de%20los%20ecosistemas%20forestales%20en%20Guatemala-V1.pdf)
- Rowell, C. H. F. (1987). The biogeography of Costa Rican acridid grasshoppers, in relation to their putative phylogenetic origins and ecology. En B. M. Baccetti (Ed.), *Phylogeny and evolution of Orthopteroidea* (pp. 470–482). Ellis Horwood.
- Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://doi.org/10.2307/1219727>
- Schowalter, T. D. (2006). *Insect ecology: An ecosystem approach*. Elsevier Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-04067-1>
- Smith, T. R., Froeba, J. G., & Capinera, J. L. (2004). Key to the grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) of Florida. *Florida Entomologist*, 87(4), 537–550. <https://journals.flvc.org/flaent/article/view/75353/73011>
- Song, H., Mariño-Perez, R., Woller, D., & Cigliano, M. M. (2018). Evolution, diversification, and biogeography of grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Insect Systematics and Diversity*, 2(4), 1–25. <https://doi.org/10.1093/isd/ixy008>
- Sperber, C. F. (1996). Field diet of the grasshopper Abracris dilecta Walker (Orthoptera: Acrididae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 13(1), 127–135. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751996000100012>
- Stephan, J. G., Wirth, R., Leal, I. R., & Meyer, S. T. (2015). Spatially heterogeneous nest-clearing behavior coincides with rain events in the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.) (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology*, 44(2), 123–128. <https://doi.org/10.1007/s13744-014-0267-0>
- Universidad Europea. (2023). ¿Qué es la restauración ecológica? <https://universidadeuropea.com/blog/que-es-la-restauracion-ecologica/>
- University of Delaware. (2023). *Genus Batusa Melichar, 1901 – Planthoppers of North America*.

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

- Valverde, J. C., Méndez, D. y Arias, D. (2020). Efectos del defoliador *Atta cephalotes* Linnaeus en el crecimiento y desarrollo fisiológico e hidráulico de árboles juveniles de *Gmelina arborea* Roxb. en condiciones controladas. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(170), 214–226. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1030>
- Walker, T. J. (1967). Revision of the Oecanthinae (Gryllidae: Orthoptera) of America south of the United States. *Annals of the Entomological Society of America*, 60(4), 784–796.
- Wills Flowers, R. (2004). The genera of Chrysomelinae (Coleoptera: Chrysomelidae) in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 52(1), 77–83. <https://archivo.revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/14754>
- Wilson, M. R., Turner, J. A., & McKamey, S. H. (2009). *Sharpshooter leafhoppers of the world (Hemiptera: Cicadellidae, subfamily Cicadellinae)*. Amgueddfa Cymru – National Museum Wales. <http://naturalhistory.museumwales.ac.uk/Sharpshooters>

# CIENCIA DE LAS PLANTAS

## Producción de café en Nicaragua: un análisis desde la sanidad vegetal

### Coffee production in Nicaragua: An analysis from a plant health perspective

Juan Carlos Morán Centeno

<sup>1</sup> Maestro en ciencia en Agroecología, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6135-7271> / juan.moran@ci.una.edu.ni  
Universidad Nacional Agraria



#### RESUMEN

La caficultura en Nicaragua representa una actividad económica y social clave, especialmente para pequeños productores rurales. Este artículo analiza los sistemas de producción de café desde la perspectiva de la sanidad vegetal, destacando los desafíos fitosanitarios, sociales y ambientales que enfrenta el cultivo. Se identifican plagas como la roya (*Hemileia vastatrix*), considerada la más destructiva, con impactos severos en la productividad y economía de las familias productoras. El estudio resalta la importancia de la macrofauna edáfica en la salud del suelo y su influencia en la productividad de café, sin embargo, el uso intensivo de agroquímicos y la falta de manejo adecuado afectan negativamente a estos organismos beneficiosos. A nivel social, se observa una población productora envejecida, con bajo nivel educativo y escaso acceso a tecnologías, lo que limita la adopción de prácticas sostenibles. Las prácticas tradicionales, como el manejo de sombra y podas, siguen siendo fundamentales para reducir el uso de agroquímicos y mejorar la sanidad del cultivo. Asimismo, la introducción de variedades resistentes a la roya ha sido una estrategia clave, aunque limitada por la informalidad en su implementación. Se resalta la necesidad de fortalecer la investigación, la asistencia técnica

#### ABSTRACT

Coffee farming in Nicaragua represents a key economic and social activity, especially for small rural producers. This article analyzes coffee production systems from a plant health perspective, highlighting the phytosanitary, social, and environmental challenges facing the crop. Pests such as coffee rust (*Hemileia vastatrix*), considered the most destructive, are identified, with severe impacts on the productivity and economy of coffee-producing families. The study emphasizes the importance of soil macrofauna in soil health and its influence on coffee productivity; however, the intensive use of agrochemicals and the lack of proper management negatively affect these beneficial organisms. At the social level, the farming population is aging, with low levels of education and limited access to technology, which restricts the adoption of sustainable practices. Traditional practices, such as shade management and pruning, remain fundamental for reducing the use of agrochemicals and improving crop health. Likewise, the introduction of rust-resistant varieties has been a key strategy, although limited by the informal nature of its implementation. The need to strengthen research, technical assistance, and education for producers is highlighted to improve

Recibido: 18 de junio del 2025  
Aceptado: 5 de noviembre del 2025



Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo [donald.juarez@ci.una.edu.ni](mailto:donald.juarez@ci.una.edu.ni)

© Copyright 2025. Universidad Nacional Agraria (UNA).

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

y la educación de los productores para mejorar la sostenibilidad del sistema cafetalero, considerando la biodiversidad, el manejo integrado de plagas y enfermedades, y la adaptación al cambio climático.

**Palabra clave:** caficultura, sanidad vegetal, roya, macrofauna edáfica, manejo agroecológico, pequeños productores.

the sustainability of the coffee system, considering biodiversity, integrated pest and disease management, and adaptation to climate change.

**Keywords:** Coffee growing, plant health, rust, soil macrofauna, agroecological management, small producers.

**L**a producción de café (*Coffea arabica* L.) representa alrededor de 125 millones de empleos en el mundo, cultivándose en 80 países distribuidos en África, América Latina y Asia; esto lo convierte en el segundo producto comercializado después del petróleo, contribuyendo significativamente a la economía en los países productores, principalmente en aquellos en vía de desarrollo (Castro y Berrezueta, 2020; Enriquez *et al.*, 2020; Rojas-Ruiz *et al.*, 2020; Villalta-Villalobos y Gatica-Arias, 2019). Este cultivo se establece entre 500 y 1 800 metros de altitud (Leguizamón-Sotelo *et al.*, 2024), los agroecosistemas productivos son de importancia económica y ecológica a nivel mundial, debido a su impacto financiero y ambiental en especial en países en vías de desarrollo (Escamilla-Prado *et al.*, 2021; Siu Palma *et al.*, 2023), los que están en constante regeneración, sin embargo, cuando existe una intervención humana persistente, provoca desequilibrio ecológico, lo que crea condiciones favorables para diversos patógenos (Alhubaid e Ismal, 2024; Araaf y Ahaned, 2024).

En países como Nicaragua, la caficultura involucra a miles de pequeños productores y representa una fuente clave de empleo rural (Leguizamón-Sotelo *et al.*, 2024; Salazar y Jiménez, 2022), quienes utilizan tecnologías tradicionales en el manejo agronómico, siendo el uso de plaguicidas la primera opción, esto conlleva a invertir mayor cantidad de recursos económicos en cada ciclo agrícola, sin embargo, los productores han alcanzado el 60 % en eficiencia tecnológica, lo que representa una oportunidad de mejorar sus procesos productivos (Siu Palma *et al.*, 2023; Urbina, 2017). La demanda de café de mejor calidad hace necesario el estudio detallado de los sistemas de producción, desde el aspecto social, cultural, productivo y ambiental, al ser un refugio para la biodiversidad y su conservación (Lamí *et al.*, 2020; Morán-Centeno y Jiménez-Martínez, 2023; Rodríguez-del Toro *et al.*, 2023).

El funcionamiento eficiente de los sistemas de producción de café se destaca por ser complejo y dinámico. Estas relaciones dependen del manejo agronómico donde la mano de obra masculina, poco calificada, con edades mayores a los 40 años es predominante, otros aspectos relevantes son la mezcla de variedades y asociaciones con árboles de sombra, frutales y cultivos, que se traducen en incremento de afectaciones por plagas y enfermedades al cultivo cuando

no se tiene un manejo adecuado (Aviles Peralta *et al.*, 2022; Gasparín-García *et al.*, 2023).

Diversas investigaciones han abordado la relación entre el diseño de sistemas productivos de café y la diversidad de la macrofauna, destacando su potencial como bioindicador (Quiroz-Medina *et al.*, 2021; Vargas y Laguna, 2017). El estudio de las relaciones bióticas dentro del agroecosistema de café demuestra que existen diversos artrópodos y fitopatógenos que afectan hojas, tallos, raíces y frutos, sin embargo, también existen artrópodos que desempeñan un papel benéfico (Morán-Centeno y Jiménez-Martínez, 2024). Quiroz-Medina y Bárcenas-Lanzas (2023), indican que algunos artrópodos realizan funciones de depredación y parasitismo. Estos organismos son afectados directamente por el uso de productos químicos y la actividad antrópica de manera negativa (Lamí *et al.*, 2020).

La presencia de la macrofauna es importante para el funcionamiento adecuado del subsistema suelo, al reciclar material orgánico e influir significativamente en las características físicas y químicas del suelo, estos organismos crean condiciones adecuadas para el crecimiento y reproducción de la planta de cafeto por lo que su conservación, estudio y manejo son fundamentales para la sanidad del cultivo (Lamí *et al.*, 2020; Morán-Centeno y Jiménez-Martínez, 2024).

Algunos organismos patógenos afectan las plantas de café, siendo la roya (*Hemileia vastatrix*) la enfermedad más destructiva a nivel mundial en las últimas décadas, debido a los constantes cambios en el ambiente. Márquez y Julca (2015), hace mención que el manejo de la vegetación del estrato superior reduce los efectos negativos del clima en las plantas de café, sin embargo, si no se maneja adecuadamente, facilita la proliferación de enfermedades, que pueden afectar con mayor severidad a la especie arábiga (Escamilla, 2016; Escamilla-Prado *et al.*, 2021; Libert-Amico y Paz-Pellat, 2018; Pilozo-Mantuano *et al.*, 2022).

Esta enfermedad en caso de afectaciones severas pone en riesgo la estabilidad económica de las familias productoras, impactando directamente en la economía local, nacional y regional (Cardeña-Basilio *et al.*, 2019, 2023). Estudios de Amico (2016) y Escamilla (2016) mencionan que para evitar afectaciones por la enfermedad, en términos de calidad y cantidad de café los productores han adaptado diferentes estrategias de manejo, siendo el muestreo,

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

monitoreo, controles culturales y químicos, las principales, sin embargo, expresan que una de las desventajas del control químico es que no se realiza un registro sistemático de los agrotóxicos empleados y del comportamiento de la enfermedad en el ciclo agrícola del cultivo. El objetivo de esta investigación es realizar un análisis sobre los sistemas de producción de café en Nicaragua desde la perspectiva de los factores fitosanitarios, ecológicos y sociales que influyen en la sanidad vegetal del cultivo.

### METODOLOGÍA

**Estrategia de búsqueda de información.** Se realizó la búsqueda de bibliografía científica durante los meses de noviembre 2024 a marzo 2025, en revistas científicas indexadas y bases de datos certificadas de la web (Google académico, Web of Science y Scielo); se condicionó la búsqueda únicamente a artículos científicos de los últimos diez años que abordan temas relacionados al estudio de sistemas productivos de café, macrofauna edáfica y sus funciones en el ecosistema de café, así como las afectaciones por roya. Se efectuó un análisis del material bibliográfico consultado, desde una perspectiva de la sanidad vegetal.

La información se organizó desde la perspectiva social, productiva, manejo y funciones ecológica de la macrofauna edáfica, así como, las afectaciones de roya en la planta de café. Las variables analizadas corresponden a aspectos sociales y productivos, variedades cultivadas, relación de la macrofauna edáfica y la sanidad del café e impacto de la roya en los sistemas de producción de café.

**Aspectos sociales y productivos.** Se revisó la literatura concerniente a los aspectos sociales y productivos de los sistemas de producción de café, en estudio de Guerrero-Carrera *et al.* (2020), publicaron que determinar los aspectos sociales y productivos de los productores de café, es determinante para el análisis del sistema.

**Variedades cultivadas.** La selección de la variedad a establecer dentro de las plantaciones de café se ha reportado como una estrategia ante los aspectos del cambio climático y las afectaciones de plagas y enfermedades (Gasperín-García *et al.*, 2023).

**Relación de la macrofauna edáfica y la sanidad del café.** Las prácticas de manejo del productor influyen directamente en el comportamiento de la macrofauna edáfica dentro de los sistemas de producción de café, esto es mencionado por Zhang *et al.* (2022) y Morel y Ortiz Acosta, (2022), quienes destacan la importancia del equilibrio ecológico en las áreas de producción de café.

**Impacto de la roya en los sistemas de producción de café.** Considerando la importancia de las enfermedades foliares

en el cultivo de café, en la reducción de los rendimientos, comprender su comportamiento es vital para los productores, en la búsqueda de estrategias de manejo, esto es señalado por Julca-Otiniano *et al.* (2023); Castillo *et al.* (2020), quienes destacan la roya como la de mayor importancia.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sistemas de producción de café enfrentan una alta presión fitosanitaria, con presencia de plagas y enfermedades que afectan significativamente la producción y calidad del grano. Las plagas de mayor importancia corresponden a: broca del café (*Hypothenemus hampei*), nematodos fitoparásitos (*Pratylenchus y Meloidogyne*), minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*) y gallina ciega (*Phyllophaga spp.*); en el caso de las enfermedades, la roya del café (*Hemileia vastatrix*) es la más extendida y dañina, seguida por ojo de gallo (*Mycena citricolor*), mal de hilachas (*Corticium koleroga*), mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), y en menor frecuencia la marchitez vascular (*Fusarium oxysporum*) (Jarquín y Jiménez, 2021; Leguizamo-Sotelo *et al.*, 2024).

Villarreyna *et al.* (2020); Santiago-Santiago *et al.* (2023), determinaron que la roya puede reducir los rendimientos en un 30 % y en algunos casos, pérdidas hasta de 50 %, lo que tiene un efecto directo sobre los ingresos de los pequeños productores, quienes son vulnerables antes estas afectaciones. En Nicaragua se identificó que los factores que favorecieron la roya en ciclo agrícola 2012 y 2013, fueron los aspectos sociales y de manejo; al no tener un nivel de conocimiento de la enfermedad, no emplearon estrategias de manejo adecuadas para mitigar el impacto de la enfermedad (Villarreyna *et al.*, 2020).

En el caso de *Cercospora coffeicola*, representa una amenaza significativa en Nicaragua y en diferentes regiones productoras de café en el mundo, debido a su amplio rango de hospederos y daños causado a la planta (De Souza *et al.*, 2025).

**Aspectos sociales y productivos.** Según el Ministerio Agropecuario [MAG], (2023), se registran 168 624 hectáreas de café, de las cuales el 84 % pertenecen a pequeños productores, y la mayoría de las áreas están ubicadas en los departamentos de Jinotega, Matagalpa y Nueva Segovia, en la zona Central Norte de Nicaragua, predominando parcelas menores o iguales a una hectárea. Al analizar las relaciones que existen en los sistemas de producción de café, Quiroz-Medina *et al.* (2021), mencionan que las interacciones que ocurren en estos sistemas productivos son complejas y dinámicas, por lo que se debe analizar desde diferentes perspectivas, siendo el conocimiento de las características de los productores crucial para desarrollar estrategias de manejo (González *et al.*, 2019; Leguizamo-Sotelo *et al.*, 2024). En los aspectos demográficos se destaca que los productores de café son mayores de 50 años, esto dificulta

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

las labores agrícolas que se traduce en bajos rendimientos, que se adapten nuevas tecnologías productivas y de manejo de plagas y enfermedades (Jaramillo-Villanueva *et al.*, 2022; Morán-Centeno y Jiménez-Martínez, 2023).

La experiencia de los productores de café en Nicaragua representa una oportunidad en cuanto a la adopción de estrategias de manejo, para mitigar los constantes cambios en los modelos productivos alcanzar la sostenibilidad; esto es ratificado Bro *et al.* (2017), al indicar que en el norte de Nicaragua la adopción de prácticas sostenibles en la producción de café es notoria entre los productores de mayor edad. Benavides y Rivillas, (2021); Jarquín y Martínez-Jiménez, (2021); Morán-Centeno y Jiménez-Martínez (2023) y Salazar Hitcher y Jiménez-Martínez (2022) señalan que el nivel académico dificulta la adopción tecnológica; así como la no organización de los productores, limitan el acceso a tecnologías, conocimientos técnicos y acceso a créditos, lo que tiene un efecto directo sobre la producción, comercialización y bienestar familiar.

Los sistemas agrícolas tradicionales, se caracterizan por tener una aplicación de conocimiento que se ha transmitido de generación en generación, los campesinos cafetaleros han creado el conocimiento suficiente para hacer frente a los problemas que se desarrollan dentro de sus cafetales (Cruz *et al.*, 2015). En algunas regiones productoras de café, la implementación de prácticas culturales continúan vigentes y son trasmitidas a las siguientes generaciones, así como el uso de herramientas manuales; Morán Centeno y Jiménez-Martínez (2023), resaltan que la falta de planificación y asesoría técnica para el manejo del cultivo son una barrera para la producción y calidad del café; la utilización de herramientas manuales como machete, azadón, pala y otros instrumentos, constituyen el nivel tecnológico en las pequeñas explotaciones de producción de café, lo que representa un verdadero desafío productivo (Cruz *et al.*, 2015).

La producción de café en Nicaragua debe ser abordada desde los aspectos sociales, principalmente la formación técnica, ya que son los miembros de la familia, comunidad circundante, quienes están inmersos en las labores de manejo agronómico; al tener mayores competencias, pueden tomar decisiones basadas en aspectos técnicos y científicos que contribuyen a incrementar los rendimientos, los ingresos y el bienestar de las familias y comunidades rurales.

Algunos aspectos de los sistemas de producción de café son descritos por Bacon *et al.* (2021), quienes afirman que en Nicaragua muchas áreas de producción son pequeñas ( $\leq 3.5$  hectáreas), cuentan con diversidad de cultivos entre los que destacan maíz (*Zea mays L.*), frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), frutas, hortalizas, plantas medicinales y árboles maderables, lo que confiere plantaciones sanas y sostenibles, sin embargo, se carece de cuantificación económica en

su totalidad, debido a que los productores consideran la rentabilidad del sistema únicamente con el rendimiento del grano de café (Burbano *et al.*, 2022).

**Sanidad vegetal.** Las plantas de café son afectadas por diversas enfermedades foliares y edáficas; Benavides y Rivillas, (2021); Bacon *et al.* (2021); Guzmán-Luna *et al.* (2022) y Palomino-Rizo *et al.* (2022) destacan que la nutrición y el manejo de sombra, humedad del suelo y de arvenses, son fundamentales para mantener las plantaciones libres de afectaciones. En Nicaragua las áreas de producción de café (en su mayoría), están bajo el sistema de sombra, las afectaciones por plagas y enfermedades son manejadas de forma tradicional, empleando en más del 60 % control químico, siendo los insecticidas, fungicidas y herbicidas los de mayor uso, en cambio, la implementación de prácticas culturales como las podas sanitarias, de formación y manejo de sombra se emplean en menor proporción, principalmente en el manejo de enfermedades foliares como la roya y mancha de hierro, así como el uso de trampas y pepena de granos de café para el manejo de plagas insectiles como la broca (Molina Ospina, 2019; Morán-Centeno y Jiménez-Martínez, 2023; Siu Palma y Morán Centeno, 2025; Siu Palma *et al.*, 2023). Esto no es diferente en otras regiones cafetaleras de Centro América y México, como lo mencionan Leguizamó-Sotelo *et al.* (2024), al indicar que la implementación de modelos productivos poco tecnificados (aplicación de agrotóxicos y manejo de sombra) se traducen en la obtención de bajos rendimientos.

**Variedades cultivadas.** En Nicaragua las variedades de café predominante son Caturra, Catuai, Catimor, Villa Sarchi, Lempira y Paca, estas variedades han sido introducida a los sistemas de producción como una estrategia de búsqueda de resistencia ante las afectaciones por roya, así como su adaptabilidad a las condiciones ambientales, edáficas y de manejo en las zonas productoras del país (Jarquín y Jiménez-Martínez, 2021; Ministerio Agropecuario y Forestal [MAGFOR], 2019; Morán-Centeno y Jiménez-Martínez, 2023; Pilozo-Mantuano *et al.*, 2022; Salazar Hitcher y Jiménez-Martínez, 2022; Siu Palma *et al.*, 2023). Julca-Otiniano *et al.* (2023), mencionan que la variabilidad genética en el cultivo de café es producto de procesos de mejoramiento genético orientados a disminuir la susceptibilidad de la planta a la afectación por plagas y enfermedades, sin embargo, también indican que el desarrollo de una variedad puede tardar hasta 25 años, con un enorme gasto de dinero y tiempo por parte de los investigadores; por lo cual la estrategia adoptada por los países productores ha sido la introducción de variedades.

Benavides y Rivillas, (2021); Jarquín y Jiménez-Martínez (2021); Salazar Hitcher y Jiménez-Martínez

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

(2022); Siu Palma y Morán Centeno, (2025), destacan que la variedad Catimor, es cultivada en más del 80 % de los sistemas de producción; en su momento fue introducida en busca de resistencia a las afectaciones por roya y por su calidad (excelente tasa).

#### Prácticas de manejo.

Existen factores relevantes que determinan la percepción y las posibles medidas de adaptación de los sistemas productivos ante el cambio climático (Jezeer *et al.*, 2019). La

variabilidad de los agentes del clima (radiación solar, temperatura, precipitaciones, humedad relativa, velocidad del viento, etc.) afectan la producción y calidad del café principalmente en el sabor y olor (Zavaleta *et al.*, 2025). El manejo en las plantaciones debe estar orientado a mantener la productividad y reducir las afectaciones por plagas y enfermedades, destacando las siguientes prácticas:

**Manejo de sombra y podas.** El manejo de sombra es una práctica que caracteriza a los sistemas de producción tradicional de café en Nicaragua. Jarquín y Jiménez-Martínez, (2021); Morán-Centeno y Jiménez-Martínez, (2023), reportan que, el manejo adecuado de la cobertura del estrato arbóreo superior, reduce los costos de producción, al disminuir la frecuencia y cantidad de aplicaciones de agrotóxicos en el manejo de plagas y enfermedades y se crean condiciones que favorecen al cultivo, al permitir mayor entrada de luz hasta los estratos inferiores y el suelo, estimular la emisión de nuevos brotes productivos, mayor circulación de aire y mantener la humedad relativa en porcentajes menores al 80 %, estas condiciones disminuyen las afectaciones por enfermedades foliares (Morán Centeno y Jiménez-Martínez, 2023; Siu Palma y Morán Centeno, 2025; Tablas *et al.*, 2021).

**Manejo fitosanitario.** El uso de productos químicos es predominante en las plantaciones de café manejados convencionalmente. Molina Ospina, (2019); Morán-Centeno y Jiménez-Martínez (2023) y Siu Palma *et al.* (2023), mencionan que la aplicación de sustancias químicas es elegida por el productor como la principal alternativa de manejo de plagas insectiles, y enfermedades causadas por microorganismos, debido a su rápido efecto y disponibilidad en el mercado nacional (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Estrategias de manejo de plagas y enfermedades en sistemas de producción de café, comparando a Nicaragua con Latino América y Centroamérica

Estrategias	Latino América	Centroamérica	Nicaragua	Referencia
Diversificación de variedades	✓	✓	✓	Siu Palma y Morán Centeno, (2025)
Sistemas de policultivo tradicional	✓	✓	✓	Siu Palma y Morán Centeno, (2025)
Prácticas culturales y de conservación	✓	✓	✓	Gasperín-García <i>et al.</i> (2023)
Fortalecimiento de la organización comunitaria		✓	✓	Venegas Sandoval <i>et al.</i> (2021)
Manejo de sombra	✓	✓	✓	Venegas Sandoval <i>et al.</i> (2021)
Podas de mantenimiento		✓	✓	Morán Centeno y Jiménez-Martínez, (2024)
Podas de formación	✓	✓	✓	Morán Centeno y Jiménez-Martínez, (2023)
Uso de bioplaguicidas	✓	✓	✓	Cardeña-Basilio <i>et al.</i> (2023)
Uso de caldos minerales		✓	✓	Siu Palma y Morán Centeno, (2025)

**Relación de la macrofauna edáfica y la sanidad del café.** Muñoz-Belalcazar *et al.* (2021), indican que, a una profundidad entre 12 cm y 15 cm, se encuentra la mayor parte de las raíces fisiológicamente activas que garantizan la absorción de agua y nutrientes, es en este espacio donde se encuentra la mayor cantidad de organismos con importantes funciones ecológicas. Zavaleta-Díaz, (2019), menciona que el manejo agroecológico en las plantaciones de café contribuye a conservar la biodiversidad y a mejorar la sanidad del cultivo.

Ferreira *et al.* (2024) mencionan que en los sistemas productivos de café es importante el análisis de la diversidad de la biota del suelo debido a que es un indicador de la calidad y su salud, que se refleja en la sanidad de la planta e influye directamente sobre la producción. La macrofauna edáfica, en los agroecosistemas de café, cumplen diversas funciones ecológicas como el reciclaje de materia orgánica, control de otros organismos y mayor aireación en la zona del sistema radicular (Vargas y Laguna, 2017; Zavaleta-Díaz, 2019).

**Impacto de la roya en los sistemas de producción de café.** Los cambios en las condiciones climáticas han ocasionado efectos negativos en los sistemas de producción de café, principalmente por favorecer las condiciones ambientales para el desarrollo de la roya, que ha llegado a reducir, en algunas zonas, la producción hasta en un 95 % y ha tenido un marcado efecto en millones de hectáreas cafetaleras del mundo, reduciendo la superficie cultivada y las zonas aptas para este rubro (Gómez-De La Cruz *et al.*, 2018; Libert-Amico y Paz-Pellat, 2018).

La roya afecta principalmente las hojas del café, reduciendo su capacidad fotosintética y provocando la caída prematura del follaje. Esto se traduce en una disminución del rendimiento y calidad del grano. Las afectaciones severas

**CIENCIA DE LAS PLANTAS**

de roya provocan la muerte de ramas y en ocasiones hasta de la planta de café, reduciendo entre el 10 % y 60 % los rendimientos. Este patógeno ocasiona la muerte de tejido leñoso y bajo condiciones prolongadas llega a reducir hasta el 50 % la producción (Escamilla-Prado *et al.*, 2021).

Ramírez Dávila *et al.* (2023); Tablas *et al.* (2021), indican que la enfermedad inicia en las plantaciones mediante focos de infección, lo que dificulta su manejo, siendo las condiciones climatológicas y la edad de las plantaciones, factores condicionantes en la afectación. Estas afectaciones conllevan a diferentes impactos en el sistema de producción desde el punto de vista fitosanitario, económico y social.

En Centroamérica, la epidemia de roya provocó pérdidas de más de 4 millones de quintales de café y afectó a más de 700 mil empleos, en el 2012 y 2013. Es este mismo período en Nicaragua, se estimó una caída del PIB de hasta 2.5 %, la roya afectó el 32 % de las plantaciones de café, provocando pérdidas de 114.6 y 68.9 millones de dólares respectivamente (Bucardo Pérez, 2015).

Las afectaciones por roya tienen un efecto negativo en la economía de las familias productoras, especialmente en aquellas que dependen exclusivamente de la producción de café (Cardeña-Basilio *et al.*, 2023; Morán Centeno y Jiménez-Martínez, 2024).

El manejo de los sistemas de producción de café debe ser abordado de forma holística considerando aspectos biológicos, sociales y económicos. La evidencia científica respalda su eficacia, pero su adopción a gran escala dependerá del fortalecimiento de capacidades locales, que integren tecnologías emergentes como sensores climáticos, inteligencia artificial y edición genética, sin embargo, estas deben complementarse con enfoques agroecológicos orientados hacia la sostenibilidad y equidad social.

**CONCLUSIONES**

La producción de café en Nicaragua enfrenta desafíos significativos relacionados con la sanidad vegetal, el manejo agronómico y las condiciones socioeconómicas de los productores. La presencia de plagas y enfermedades afecta gravemente la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción. Es fundamental promover prácticas agroecológicas, fortalecer la asistencia técnica, fomentar la conservación de la biota edáfica y fortalecer las capacidades técnicas de los productores para mejorar la resiliencia del sistema cafetalero y garantizar su viabilidad económica, social y ambiental.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Alhudaib, K., & Ismail, A. M. (2024). First occurrence of coffee leaf rust caused by *Hemileia vastatrix* on coffee in Saudi Arabia. *Microbiology Research*, 15(1), 164-173. <https://doi.org/10.3390/microbiolres15010011>
- Amico, A. L. (2016). *La roya del cafeto. Breves de políticas públicas*. Programa Mexicano del Carbono. <https://pmcarbono.org/pmc/descargas/proyectos/redd/Breves-de-Políticas-Publicas-No.1-Que-es-la-roya.pdf>
- Araaf, R. T., Minn, A., & Ahamed, T. (2024). Coffee leaf rust disease detection and implementation of an edge device for pruning infected leaves via deep learning algorithms. *Sensors*, 24(24), 8018. <https://doi.org/10.3390/s24248018>
- Avilés Peralta, Y., Alfaro Blandón, M., Palma Juárez, L. y Mairena Pérez, F. (2022). Determinantes de la oferta exportable del café en Nicaragua. *SUMMA*, 4(2), 1-10. <https://doi.org/10.47666/summa.4.2.11>
- Bacon, C. M., Sundstrom, W. A., Stewart, I. T., Maurer, E., & Kelley, L. C. (2021). Towards smallholder food and water security: Climate variability in the context of multiple livelihood hazards in Nicaragua. *World Development*, 143, 105468. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105468>
- Benavides, P., Ángel, C. y Rivillas, C. (2021). Sanidad vegetal. En Centro Nacional de Investigaciones de Café, *Guía más agronomía, más productividad, más calidad* (3a ed). Cenicafé. [https://doi.org/10.38141/10791/0014\\_9](https://doi.org/10.38141/10791/0014_9)
- Bro, A. S., Clay, D. C., Ortega, D. L., & López, M. C. (2017). Determinants of adoption of sustainable production practices among smallholder coffee producers in Nicaragua. *Environment, Development and Sustainability*, 21(2), 895–915. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-0066-y>
- Bucardo Pérez, C. J. (2015). *Impacto económico de la roya (*Hemileia vastatrix*) del café (*Coffea arabica* L.) en tres zonas altitudinales del sur de Colombia*. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(1), 51 – 62. <https://doi.org/10.22490/21456453.4350>
- Cardeña Basilio, I., Ramírez-Valverde, B., Juárez Sánchez, J. P., Huerta de la Peña, A. y Cruz León, A. (2019). Campesinos y sistema de producción de café ante el problema de la roya en el municipio de Hueytamalco, Puebla, [Peasants and coffee production system facing the coffee rust problem in the municipality of Hueytamalco, Mexico]. *Espacio Abierto*, 28(2), 51-70. <https://produccioncientificafaluz.org/index.php/espacio/article/view/29574>
- Cardeña-Basilio, I., Ramírez-Valverde, B., Juárez-Sánchez, J. P., Huerta de la Peña, A. y Cruz-León, A. (2023). Roya del café en Hueytamalco, Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(29), e3540. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i29.3540>

**CIENCIA DE LAS PLANTAS**

- Castillo, N. E. T., Melchor-Martínez, E. M., Sierra, J. S. O., Ramírez-Mendoza, R. A., Parra-Saldívar, R., & Iqbal, H. M. (2020). Impact of climate change and early development of coffee rust– An overview of control strategies to preserve organic cultivars in Mexico. *Science of the Total Environment*, 738, 140225. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140225>
- Castro, C. y Barrezueta, S. (2020). Aspectos sociales y económicos: caso productores de café en la provincia El Oro. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(1), 71-75. <https://www.redalyc.org/pdf/7217/721778104012.pdf>
- Cruz, L. A., Cervantes, H. J., Ramírez, G. A., Sánchez, G. P., Damián, H. M. A. y Ramírez, V. B. (2015). La etnoagronomía en la construcción de propuestas de desarrollo rural para comunidades campesinas. *Ra Ximhai*, 5(11), 185-194. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46142593010.pdf>
- De Souza, M. P. P., Cipriano, M. A. P., Braghini, M. T., de Sousa, L. P., Mondego, J. M. C., Patrício, F. R. A., & da Silveira, A. P. D. (2025). Beneficial bacteria improve seedling growth, nutrition and promote biological control of coffee diseases. *Journal of Applied Microbiology*, 136(3), <https://doi.org/10.1093/jambo/lxaf050>
- Enríquez, J. P., Retes-Cálix, R. F. y Vásquez-Reyes, E. F. (2020). Importancia, genética y evolución del café en Honduras y el mundo. *Innovare: Revista de Ciencia y tecnología*, 9(3), 149–155. <https://doi.org/10.5377/innovare.v9i3.10649>
- Escamilla, E. (2016). Las variedades de café en México ante el desafío de la roya. *Breves de Políticas Públicas*, (4), 1-8. [http://pmccarbono.org/pmc/breves\\_políticas\\_publicas/una\\_REDDE\\_para\\_Salvar\\_la\\_Sombra\\_Sierra\\_Madre\\_Chiapas.php](http://pmccarbono.org/pmc/breves_políticas_publicas/una_REDDE_para_Salvar_la_Sombra_Sierra_Madre_Chiapas.php)
- Escamilla-Prado, E., Tinoco-Rueda, J. Á., Pérez-Villatoro, H. A., Aguilar-Calvo, Á. J., Sánchez-Hernández, R. y Ayala-Montejo, D. (2021). Transformación socio ecológica en el agroecosistema café afectado por roya en Chiapas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4), 643–660. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.643>
- Ferreira, F., Barreto, P., Pérez, R., Marques, P., Rodríguez, F., Chaves, T. y Renato, M. (2024). Efectos de los sistemas de cultivo de café arábica en la biomasa microbiana del suelo tropical y la actividad en la región noreste de Brasil. *Agroforest System*, 98, 2397-2410. <https://doi.org/10.1007/s10457-024-01026-2>
- Gasperín-García, E. M., Platas-Rosado, D. E., Zetina-Córdoba, P., Vilaboa-Arróniz, J. y Dávila, F. M. (2023). Calidad de vida de los caficultores en las Altas Montañas de Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana*, 34(1), 50163. <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.50163>
- Gómez-De La Cruz, I., Pérez-Portilla, E., Escamilla-Prado, E., Martínez-Bolaños, M. y Carrión-Villarnovo, G., Hernández Leal, T. (2018). Selección in vitro de micoparásitos con potencial de control biológico sobre roya del café (Hemileia vastatrix). *Mexican Journal of Phytopathology*, 36(1) 172-183. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1708-1>
- González R. F. J., Sangerman, J. D. Ma., Rebollar, R. S., Omaña, S. J. M. y Hernández, M. J. L. (2019). El proceso de comercialización de café en el sur del Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6), 1195-1205. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.2057>
- Guerrero-Carrera, J., Jaramillo-Villanueva, J. L., Mora-Rivera, J., Bustamante-González, Á., Vargas-López, S. y Chulim-Estrella, N. (2020). Impacto del cambio climático sobre la producción de café. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 23(71), 1 – 18. <https://www.revista.ccba.uday.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3288/1462>
- Guzmán-Luna, A., Bacon, C. M., Méndez, V. E., Flores Gómez, M. E., Anderzén, J., Terán Giménez Cacho, M., Hernández Jonapá, R., Rivas, M., Duarte Canales, H. A., & Benavides González, Á. N. (2022). Toward food sovereignty: Transformative agroecology and participatory action research with coffee smallholder cooperatives in Mexico and Nicaragua. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 810840. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.810840>
- Jaramillo-Villanueva, J. L., Guerrero-Carrera, J., Vargas-López, S. y Bustamante-González, A. (2022). Percepción y adaptación de productores de café al cambio climático en Puebla y Oaxaca, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(1), 1-13. <https://doi.org/10.19136/era.a9n1.3170>
- Jarquín, E. J. y Jiménez-Martínez, E. (2021). Caracterización socioeconómica y fitosanitaria de 25 sistemas de producción de café (Coffea arábica L.) en tres municipios de Matagalpa, 2020. *La Calera*, 21(37), 111-118. <https://doi.org/10.5377/calera.v21i37.12782>
- Jezeer, R. E., Verweij, P. A., Boot, R. G., Junginger, M., & Santos, M. J. (2019). Influence of livelihood assets, experienced shocks and perceived risks on smallholder coffee farming practices in Peru. *Journal of Environmental Management*, 242, 496-506. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.101>
- Julca-Otiniano, A., Alvarado-Huamán, L., Borjas-Ventura, R., Castro-Cepero, V., Rojas, F. L., Palacios, D. V. y Amez, S. B. (2023). Variedades de café (Coffea arabica), una revisión y algunas experiencias en el Perú. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 10(2), 134- 155. <https://doi.org/10.53287/ruyx4519vm15b>
- Lamí, D. S., Ricabal, P. M. S. y Cosío, E. C. (2020). El cultivo del café (Coffea arabica L) y su susceptibilidad a la roya (Hemileia vastatrix Berkeley & Broome) en la provincia Cienfuegos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(3), 109-114. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes/article/view/421>
- Leguizamo-Sotelo, G., Salgado-Siclán, M. L. y Rubí-Arriaga, M. (2024). Análisis de la producción de café (Coffea arabica L.), en Amatepec, Estado de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 11(1), e3840. <https://doi.org/10.19136/era.a11n1.3840>
- Libert-Amico, A. y Paz-Pellat, F. (2018). Del papel a la acción en la mitigación y adaptación al cambio climático: la roya del cafeto en Chiapas. *Madera y Bosques*, 24(Número especial), 1-24. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401914>
- Márquez, F. R. y Julca, A. M. (2015). Indicadores para evaluar la sustentabilidad en fincas cafetaleras en Quillabamba. Cusco. Perú. *Saber y Hacer*, 2(1), 128–137. <https://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/45>

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

- Ministerio Agropecuario y Forestal de Nicaragua. (2019). *Mapa nacional del café*. MAGFOR. <https://www.mag.gob.ni/index.php/mapas-interactivos/mapa-nacional-de-cafe>
- Ministerio Agropecuario. (2023). *Ciclo agrícola 2022/2023 estos son los avances de la cosecha cafetalera en Nicaragua*. Ministerio Agropecuario de Nicaragua. <https://www.mag.gob.ni/index.php/noticias?view=article&id=53:cosecha-cafetalera-reporta-un-avance-del-63-en-el-ciclo-2022-2023&catid=11>
- Molina Ospina, A. K. (2019). *A Guide to Common Coffee Pests & Diseases*. Perfect Daily Grind. <https://perfectdailygrind.com/2019/01/a-guide-to-common-coffee-pests-diseases/>
- Morán Centeno, J. C. y Jiménez-Martínez, E. (2023). Caracterización de sistemas productivos de café (*Coffea arabica L.*) en la Reserva Natural Tepec-Xomolth, Madriz, Nicaragua. *Siembra*, 10(1), e4402. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i1.4402>
- Morán Centeno, J. C. y Jiménez-Martínez, E. (2024). Macrofauna edáfica en agroecosistemas de *Coffea arabica L.*, en Tepec-Xomolth, Nicaragua. *Agronomía Mesoamericana*, 35(1), 57626. <https://doi.org/10.15517/am.2024.57626>
- Morel, A. y Ortiz Acosta, O. (2022). Calidad del suelo en diferentes usos y manejo por medio de la macrofauna como indicador biológico. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(1), 996–1006. <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n1-074>
- Muñoz-Belalcazar, J. A., Benevides-Cardona, C. A., Lagos-Burbano, T. C., & Criollo-Velázquez, C. P. (2021). Agronomic management on the yield and quality of coffee (*Coffea arabica*) Castillo variety in Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 750–763. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.44403>
- Palominos-Rizzo, T., Villatoro-Sánchez, M., Alvarado-Hernández, A., Cortés-Granados, V. y Paguada-Pérez, D. (2022). Dinámica temporal de erosión del suelo en café (*Coffea arabica*), Llano Brenes, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 33(3), 49736. <https://doi.org/10.15517/am.v33i3.49736>
- Pilozo-Mantuano, W., Indacochea Ganchozo, B., Castro Landín, A., Vera Tumbaco, M. y Gabriel Ortega, J. (2022). Principales enfermedades causantes de la pérdida de rendimientos de los cultivos de café arábigo (*Coffea arabica L.*) en la zona sur de Manabí, Ecuador: principales enfermedades de café arábigo (*Coffea arabica L.*). *UNESUM-Ciencias*, 6(2), 117-134. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n2.2022.632>
- Quiroz-Medina, C. R. y Bárcenas-Lanzas, M. J. (2023). Caracterización y manejo del grado de complejidad de los componentes y biodiversidad y su efecto en las arvenses y macrofauna edáfica de tres fincas integrales en el occidente de Nicaragua. *Ecosistemas*, 32(3), 2591. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2591>
- Quiroz-Medina, C. R., Castellón, J. D., Cea Navas, N. E., Ortiz, M. S. y Zúñiga-González, C. A. (2021). Caracterización de la macrofauna edáfica en diferentes sistemas agroforestales, en el Municipio de San Ramón, Departamento de Matagalpa, Nicaragua. *Nexo Revista Científica*, 34(2), 572–582. <https://doi.org/10.5377/nexo.v34i02.11542>
- Ramírez Dávila, J. F., Pérez-Constantino, A., Gutiérrez-Rodríguez, F. y Pérez-López, D. de J. (2023). Comportamiento espacial de roya del cafeto en Amatepec, Estado de México. *Acta Universitaria*, 33, 1–14. <https://doi.org/10.15174/au.2023.3870>
- Rodríguez-Del Toro, A., Sánchez-Ramos, M. A., Vargas-Batis, B., Gutiérrez-Vázquez, M., Pacheco-Jiménez, Z. y Hechavarria-Bandera, C. A. (2023). Indicadores de sitio y medioambiente en plantaciones de *Coffea canephora* en Tercer Frente, Cuba. *Revista UGC*, 1(2), 55-63. <https://universidadaduge.edu.mx/ojs/index.php/rugc/article/view/14>
- Rojas-Ruiz, R., Alvarado-Huamán, L., Borjas-Ventura, R., Carbonell Torres, E., Castro-Cepero, V. y Julca-Otiniano, A. (2020). Caracterización de fincas productoras de café convencional y orgánico en el valle del Alto Mayo, región San Martín, Perú. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(2), 100-111. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2409-16182020000200013&lng=es&tlang=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182020000200013&lng=es&tlang=es)
- Salazar Hitcher, R. A. y Jiménez-Martínez, E. S. (2022). Caracterización fitosanitaria de sistemas de producción de café (*Coffea arabica L.*) en Boaco, Nicaragua. *Wani*, 38(77), 25-38. <https://doi.org/10.5377/wani.v38i77.14989>
- Santiago-Santiago, M., Sánchez-Viveros, G., Hernández-Adame, L., Chiquito-Contreras, C. J., Salinas-Castro, A., Chiquito-Contreras, R. G., & Hernández-Montiel, L. G. (2023). Essential Oils and Antagonistic Microorganisms as Eco-Friendly Alternatives for Coffee Leaf Rust Control. *Plants*, 12(20), 3519. <https://doi.org/10.3390/plants12203519>
- Siu Palma, S. D., Jiménez-Martínez, E. S. y Morán Centeno, J. C. (2023). Alternativas biológicas para el manejo de *Hypothenemus hampei* (Ferrari), en *Coffea arabica L.*, Jalapa, Nicaragua. *Siembra*, 10(2), e5306. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.5306>
- Siu Palma, S. D. y Morán Centeno, J. C. (2025). Análisis del sistema de producción de cafeto (*Coffea arabica L.*), comunidad La Providencia, municipio de Jalapa, Nicaragua, 2024. *Revista Ciencia Y Tecnología El Higo*, 15(1), 200–214. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v15i1.20609>
- Tablas, G. I., Guerrero, R. J. D., Aceves, R. E., Álvarez, C. M. N., Laínez, L. E. y Olvera, H. J. I. (2021). El cultivo del café en Ojo de Agua de Cuauhémoc, Malinaltepec, Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12, 1031-1042. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2736>
- Urbina, J. (2017). *Technical efficiency in coffee production: a stochastic frontier analysis for Nicaragua*. Banco Central de Nicaragua. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/id/eprint/82690>
- Vargas, J. E. y Laguna, M. J. (2017). *Diversidad de la macrofauna del suelo en relación con el diseño y manejo de los agroecosistemas cafetaleros en Matagalpa, Nicaragua* [Tesis de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/3507/1/tnp34v297.pdf>

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

- Venegas Sandoval, A., Soto Pinto, L., Álvarez Gordillo, G., Alayón Gamboa, A. y Díaz Nigenda, E. (2021). La diversificación de estrategias socioambientales en la familia campesina: mecanismo de resiliencia ante la crisis del café en Chiapas. *Revista Pueblos Y Fronteras Digital*, 16, 1–31. <https://doi.org/10.22201/cimsur.18704115e.2021.v16.510>
- Villalta-Villalobos, J., & Gatica-Arias, A. (2019). A look back in time: Genetic improvement of coffee through the application of biotechnology. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 577–599. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.34173>
- Villarreyna, R., Barrios, M., Vilchez, S., Cerda, R., Vignola, R., & Avelino, J. (2020). Economic constraints as drivers of coffee rust epidemics in Nicaragua. *Crop Protection*, 127, 104980. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104980>
- Zavaleta Diaz, M. A. (2019). *Macrofauna y propiedades físicas y químicas del suelo en cultivos de café del Distrito de Jepelacio-Moyobamba*, 2017. <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/124911f1-a86d-4637-8b9d-3581a8fed1d4/content>
- Zavaleta, J. G., Fuentes, M. Q., Sánchez, R. B. y Loyo, O. M. (2025). Factores agronómicos en el cultivo y producción de café arábica en Zongolica, Veracruz. *593 Digital Publisher CEIT*, 10(1), 652-667. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9966634>
- Zhang, Y., Peng, S., Chen, X., & Chen, H. Y. (2022). Plant diversity increases the abundance and diversity of soil fauna: a meta-analysis. *Geoderma*, 411, 115694. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115694>

# DESARROLLO RURAL

## Turismo rural como alternativa de desarrollo local en Nicaragua

### Rural tourism as an alternative for local development

Carmen Anielka Arróliga Montenegro<sup>1</sup>, María Estela López Aburto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MSc. Desarrollo Rural / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2621-6809> / carmen.arroliga@ci.una.edu.ni

<sup>2</sup> MSc. Desarrollo Rural / ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3661-3901> / maria.lopez@ci.una.edu.ni

Universidad Nacional Agraria

Autor de correspondencia: carmen.arroliga@ci.una.edu.ni



### RESUMEN

El turismo rural ha representado una actividad complementaria de desarrollo económico que permite la diversificación de ingresos a partir de la revalorización de actividades agropecuarias, la generación de empleos en diferentes momentos, el aprovechamiento de los recursos naturales y culturales, la innovación en infraestructuras locales y el impulso de actividades productivas en las comunidades donde se desarrolla. El propósito de esta investigación es analizar al turismo rural como una alternativa de desarrollo local, estudiando dos cooperativas rurales como son el Eco albergue - La Fundadora en Jinotega (zona norte de Nicaragua), que dio inicio con el desarrollo del turismo rural comunitario a partir del 2010, y la Cooperativa Carlos Díaz Cajina situada en la Finca Magdalena (Isla de Ometepe, Rivas, Nicaragua), que inició con el turismo rural en el año 2001. La investigación es de enfoque cualitativo, descriptiva y de tipo no experimental. El muestreo fue de tipo no probabilístico intencional. La metodología se organizó en cuatro fases: i) organizacional y análisis documental, ii) fase de campo, iii) ordenamiento y procesamiento de información y iv) análisis de resultados. Los resultados indican que ambos casos nacen con su forma organizativa en modelo de cooperativas agropecuarias en los años 90; en el caso de la cooperativa Carlos Díaz Cajina, destaca el desarrollo del turismo como una fuente económica secundaria, donde los beneficios generados se distribuyen entre los socios de la cooperativa mediante un modelo integrado, en el que la participación

### ABSTRACT

Rural tourism has been a complementary activity for economic development, enabling income diversification through the revaluation of agricultural activities, job creation at different times, the utilization of natural and cultural resources, innovation in local infrastructure, and the promotion of productive activities within the communities where it is implemented. The aim of this research is to analyze rural tourism as an alternative for local development, focusing on two rural cooperatives: La Fundadora Ecolodge in Jinotega (northern region of Nicaragua), which initiated community-based rural tourism development starting in 2010, and the Carlos Díaz Cajina Cooperative, located at Finca Magdalena (Ometepe island, Rivas, Nicaragua), which began its rural tourism activities in 2001. This research is qualitative, descriptive and non-experimental in nature. Intentional non-probabilistic sampling was used. The methodology was organized into four phases: i) organizational and documentary analysis, ii) field phase, iii) data organization and processing, and iv) analysis of results. Findings indicate that both cases emerged as agricultural cooperatives in the 1990s. In the case of the Carlos Díaz Cajina Cooperative, tourism has developed as a secondary economic activity, with benefits distributed among cooperative members through an integrated model in which the participation of local populations plays a key role in tourism management. In the case of the Eco-Lodge La Fundadora, the model

Recibido: 26 de marzo del 2025  
Aceptado: 8 de noviembre del 2025



Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo donald.juarez@ci.una.edu.ni

© Copyright 2025. Universidad Nacional Agraria (UNA).

## DESARROLLO RURAL

de los pobladores locales tiene funciones preponderantes en la gestión del turismo. En el caso del Eco albergue - La Fundadora, el modelo identificado de igual forma es el modelo integrado, ya que parte desde la gestión e integración de comunitarios y socios de la cooperativa en su organización, en la identificación de los atractivos turísticos y las acciones para promover una actividad turística sostenible. Cada actor asume deberes, responsabilidades y funciones en el desarrollo de actividades enfocadas a la formación integral del recurso humano. En ambos casos se evidencia que la actividad turística genera beneficios económicos a la comunidad de manera directa e indirectamente con la generación de plazas de trabajo temporales, capacitaciones en diferentes temas y generación de emprendimientos. El turismo rural y comunitario, aporta al desarrollo local de las comunidades desde los diferentes modelos de trabajo y gestión, que puede ser de manera colectiva o individual.

**Palabras clave:** dinamizador rural, cooperativismo, ruralidad, planificación, gestión comunitaria.

identified is also an integrated one, grounded in the participation and coordination of community members and cooperative partners in organizational processes, the identification of tourism attractions, and the implementation of actions aimed at promoting sustainable tourism. Each actor assumes duties, responsibilities, and specific roles related to the comprehensive training and development of human resources. In both cases, tourism activities generate economic benefits for the community, both directly and indirectly, through the creation of temporary jobs, training opportunities on various topics, and the emergence of local entrepreneurship. The research highlights that rural and community-based tourism contributes to the local development of communities through diverse management and operational models, whether collective or individual.

**Keywords:** Rural development driver, cooperativism, rurality, planning, community management.

**E**l turismo comunitario es “una modalidad de gestión donde un colectivo es quien controla, administra, retribuye, distribuye, decide, consulta, evalúa, corrige, critica, reflexiona, avanza, ejerce, comercializa, disfruta, sufre y pone cariño y profesionalismo a servicios y productos pensados para turistas y viajeros” (Ragno, 2018, p. 1). En este sentido, el turismo que actualmente se estimula a nivel mundial es aquel en el cual la población local participa de su planificación, gestión y promoción. En este orden de ideas, el turismo comunitario según lo expone Maldonado, (2005) “es toda forma de organización empresarial sustentada en la propiedad y la autogestión de los recursos patrimoniales comunitarios; contribuye a la solidaridad en el trabajo y distribución de los beneficios generados por la prestación de servicios turísticos” (p. 5).

Nicaragua reúne todas las condiciones para favorecer el desarrollo económico y social a través del turismo rural, inclusive en las zonas menos favorecidas, asegurando a los visitantes una experiencia única, vivencial y participativa, además de incentivar una mejor utilización y valoración del patrimonio natural, cultural, ancestral y arquitectónico (Asamblea Nacional de Nicaragua, 2013, p. 1).

Es un reto y una oportunidad que contribuye con el desarrollo de las comunidades, y les proporciona así ingresos adicionales que mejoran la calidad de vida. También se debe concebir como una oportunidad para establecer eficientes mecanismos de organización y autogestión, a los efectos de preservar el patrimonio natural y cultural, costumbres y formas de vida de las propias comunidades (García, 2006).

Arroliga y Zamora (2020) determinaron que el modelo de desarrollo turístico rural comunitario que se gestiona en la comunidad El Ostional, en el Pacífico Sur de Nicaragua, permite un incremento económico en los

hogares relacionados directa o indirectamente a la actividad turística, así como una mejora en la infraestructura básica como escuelas, caminos y puestos de salud. El turismo es una actividad complementaria en la economía tradicional de la comunidad y ha resultado ser una alternativa para superar las dificultades sociales, económicas y ambientales.

En Nicaragua existen muchos casos bajo la modalidad de turismo rural y comunitario que se desarrollan en diferentes comunidades, es por ello que se considera importante analizar si el desarrollo del Turismo Rural y Comunitario bajo su enfoque de gestión de manera individual o colectiva, es una alternativa de desarrollo local para los casos de la cooperativa Carlos Díaz Cajina y Eco albergue la Fundadora, permitiéndonos identificar el tipo de modelo de turismo rural que desarrollan y su contribución con el desarrollo local.

### METODOLOGÍA

El estudio se realizó en dos sitios; en el Eco albergue - La Fundadora ubicado en la comunidad La Fundadora en el departamento de Jinotega (zona Norte de Nicaragua), ubicado en la parte baja de la reserva Dantali - El Diablo. Se llega a ella desde la carretera Matagalpa - Jinotega, por dos puntos de acceso: 1) En el kilómetro 144 de la carretera principal se llega al empalme La Fundadora, y se continúa por seis kilómetros; 2) En el kilómetro 146 se llega al empalme Las Latas, y se sigue por tres kilómetros hasta el albergue. Las coordenadas geográficas según el Datum World Geodesic System de 1984 (WGS 84) son: 13.060120 latitud, -85.912151 longitud.

El otro caso es la cooperativa Carlos Díaz Cajina situada en la Finca Magdalena en Altamira, departamento de Rivas en la comunidad Balgue en la Isla de Ometepe, a 1 kilómetro del centro de salud de la comunidad, en las

## DESARROLLO RURAL

faldas del volcán Maderas. Las coordenadas geográficas según el Datum World Geodesic System de 1984 (WGS 84) corresponden a: 11.4823791 latitud, -85.5094757 longitud.

La investigación es de enfoque cualitativo, descriptiva y de tipo no experimental, debido a que no existe manipulación de variables. Se realizó mediante observación y análisis de la realidad socioeconómica, turística y ambiental de los sitios, sin intervenir en los mismos. Las variables de estudio fueron oferta, demanda, modelo de turismo rural y desarrollo local.

El muestreo fue de tipo no probabilístico intencional, y por conveniencia. Estableciendo criterios de selección del grupo meta; para seleccionar las cooperativas, estas debían trabajar en turismo rural, tener más de cinco años en el sector y ser reconocidas por el Instituto Nicaragüense de Turismo, como destinos turísticos en Nicaragua. De las cooperativas se seleccionaron tres informantes claves que cumplieran con criterios como: tener al menos 10 años de vivir en la comunidad, que conocieran los atractivos de su comunidad y que fueran parte de las cooperativas que están integradas en las comunidades en estudio.

La metodología se fundamentó en los aspectos orientados en la guía para la elaboración del plan de desarrollo turístico de un territorio propuesta por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2008), y las orientaciones teórico-prácticas para la sistematización de experiencias de Jara (2011). La metodología se organizó en cuatro fases: 1) organizacional y de análisis documental; en esta se utilizó la metodología de sistematización de experiencias que incluye: paso uno: El punto de partida, experiencia, haber participado en las experiencias, y contar con registros de las experiencias; paso dos: formular un plan de sistematización y definir el objetivo, experiencias, aspectos centrales y procedimientos concretos a seguir. Tercer paso: recuperación del proceso vivido, reconstruir la historia de la experiencia, ordenar y clasificar la información. Cuarto paso: reflexiones de fondo y procesos de análisis, interpretación crítica y la identificación de aprendizajes y como último paso: puntos de llegada, formular conclusiones, recomendaciones y propuestas. 2) fase de campo en la que se utilizaron técnicas de observación, guías de entrevista y la investigación documental secundaria. Esta fase se realizó considerando la metodología del plan de desarrollo turístico de un territorio, mencionada anteriormente, de esto se tomó en cuenta solamente la parte descriptivo-analítica del diagnóstico, compuesta de la oferta turística y el análisis de la demanda. 3) ordenamiento y procesamiento de información y 4) análisis de resultados.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según Pérez (2006), el turismo rural (TR) se basa en el desarrollo, aprovechamiento y disfrute de productos turísticos alternativos, y se perfila como una de las actividades que

más integra las dimensiones de la ruralidad al concentra el carácter multifuncional de un territorio. Aparicio (2004), citado por Pérez (2006), ilustra la idea del turismo rural, entendido como motor de desarrollo local, y aduce que éste es fundamental para una comunidad en la que la industria no lo es de ninguna forma, presentándose como un sector que genera puestos de trabajo y riqueza. La funcionalidad turística es, por consiguiente, un criterio más de delimitación territorial.

Según Amayo (2016), las condiciones turísticas se determinan por la calidad (favorable o desfavorable) de sus recursos, la oferta (principal o secundaria), los servicios generales y la preparación del personal que está en contacto con el cliente; además, estas condiciones están relacionadas a aspectos socioeconómicos, ambientales y la estructura territorial.

**Oferta turística de las cooperativas.** Es una cooperativa fundada en noviembre de 1983 con el nombre de “Cooperativa Carlos Díaz Cajina N° 1 R.L” está constituida por 26 socios de diferentes familias beneficiando a aproximadamente 180 personas; todos originarios de la comunidad Balgüé. La actividad principal es la agricultura (sistemas agropecuarios), cuenta con 387.92 hectáreas (552 manzanas), de estas el 48 % son áreas de bosques protegidos y el resto asignadas entre los socios para la producción de granos básicos para el autoconsumo. En 1997, los socios identifican la oportunidad y la importancia de prestar servicios turísticos, considerando que la finca permite el acceso al volcán Maderas y es un lugar donde se encuentran petroglifos y diversidad de flora y fauna. En 1999 se constituyen como Hostal Finca Magdalena y ofrecen servicios de alojamiento y alimentación, y posteriormente, recorridos guiados por el volcán Maderas, visitas a petroglifos y un recorrido por áreas de producción de café orgánico y áreas de producción de frijol, arroz, plátano y hortalizas.

**El Eco albergue-** La Fundadora surge en el 2001 como Cooperativa Multisectorial la Reforma R.L; impulsada por la producción de café, trabajando en un sistema ecológico basado en los principios del Manejo Integrado de Plagas.

López (2024) indica que la riqueza natural, cultural y socio económico son parte fundamental de esta comunidad, se encuentran miradores naturales, clima acogedor, diversidad en flora y fauna, historia revolucionaria, personajes pintorescos, rica gastronomía, mitos y leyendas, actividades productivas, culturales y tradiciones que son parte de la vida cotidiana de cada comunitario, caracterizados por su amabilidad y entusiasmo.

Esta iniciativa se encuentra dentro del circuito turístico Dantál Sur según Guadalupe Castro- presidente de la cooperativa (Comunicación personal, 5 de julio, 2022), que forma parte de la red de comunidades que ofertan actividades turísticas que benefician económicamente a otras comunidades La Mascota, Aurora, La Sultana, Las Camelias y El Limón.

## DESARROLLO RURAL

La forma de trabajo integra a los socios, quienes son parte de la comunidad, y brindan los servicios, previa reservación, de alojamiento para grupos grandes y pequeños en el Eco Albergue, alojamiento en casas de huéspedes comunitarias, alimentación, guiado local; así como actividades de actividades de senderismo, caminata o cabalgatas a la cascada la Bujona, Camping de dos días en la cascada Bujona y tour de café.

Mata *et al.* (2022) indican que el cooperativismo es un factor clave del turismo comunitario como herramienta de desarrollo local, ya que la actividad turística que integra a la comunidad promueve la integración comunitaria, la gobernanza y el empoderamiento del territorio.

Económicamente el turismo, provoca un efecto multiplicador, en el caso del turismo rural estimula el crecimiento de otros sectores económicos y crea puestos de trabajo directa e indirectamente, y de un modo u otro ayuda a redistribuir la renta entre regiones. Estimula el crecimiento del empleo de forma directa, (servicios de índole turística), y empleo indirecto, destinado a la obtención de las materias primas utilizadas en la producción de los bienes y servicios consumidos por los turistas (Millán *et al.*, 2006).

**Demandा turística.** Cabrini (2002), citado por Combariza (2012) expone que el turismo rural, contribuye con las economías rurales a través de: “la conservación del empleo, la creación de empleo, el apoyo a las granjas, la preservación del paisaje, la conservación en los servicios, el apoyo al arte y a los productos artesanales rurales, la preservación de la naturaleza y las mejoras ambientales” (p. 56), en este sentido durante la investigación se identificó la demanda turística de las cooperativas y el aporte a la economía del lugar.

En la Finca Magdalena existe una afluencia turística constante e ininterrumpida, con registros que indican la visita de hasta 300 turistas por mes, según el libro de registro de visitantes (Félix Pascual, comunicación personal, 12 de agosto de 2024). Este flujo se traduce en ganancias económicas que contribuyen con la sostenibilidad operativa y financiera de la finca. La información registrada con entrevistas a los socios y validada a través la aplicación de instrumento a los visitantes, confirma la alta participación y el disfrute de las actividades ofrecidas, lo que se refuerza con la percepción general, indistintamente del género, edad o procedencia del turista, de este destino turístico como un sitio fascinante y de alto valor.

En uno de los momentos de registro de información, la mayoría de los turistas fueron extranjeros. El análisis demográfico indica que el 58 % de los visitantes (nacionales e internacionales) se sitúan en el rango de edad entre 15 y 29 años, lo que sugiere un marcado interés de exploración o de aventura en este grupo. Los rangos subsiguientes de 30 a 49 años (36 %) y entre 50 y 70 años representan el 6 % de los visitantes.

Respecto al impacto económico, los ingresos generados por la actividad turística se distribuyen de manera equitativa entre los socios de la cooperativa, siguiendo el mismo modelo de distribución aplicado a los ingresos que se generan por las actividades agrícolas. La actividad turística funciona como un complemento económico, proveyendo estabilidad financiera, especialmente en períodos de baja cotización del café o de bajos rendimientos de los cultivos.

El Ecoalbergue - La Fundadora recibe en promedio 120 visitantes mensuales, cantidad que fluctúa según las temporadas de demanda alta o baja (Agustín Rivera, socio del Ecoalbergue - La Fundadora, comunicación personal, 5 de julio, 2024). A diferencia de otras cooperativas, este sitio atrae mayoritariamente a turistas nacionales. El perfil demográfico dominante indica que el 65 % de los visitantes se encuentra en el rango de edad de 15 a 35 años, mientras que el 35 % restante está compuesto por adultos mayores de 65 años, quienes buscan principalmente tranquilidad y conexión comunitaria. Mediante la implementación de una iniciativa de turismo rural, se han desarrollado servicios como alojamiento, alimentos y bebidas, y senderismo. Esta oferta no solo contribuye a la generación de ingresos para los 54 socios de la cooperativa, sino que también produce un efecto económico positivo en la comunidad circundante, permitiendo a los residentes complementar sus ingresos mediante la provisión de servicios turísticos.

El turismo de aventura, según Juárez *et al.* (2023) se puede traducir en un turismo que busca realizar actividades que impliquen un riesgo, habilidades físicas y resistencia y cita a Eagles (1995), quien menciona que “son viajes motivados principalmente por la realización de deportes peligrosos y excitantes en ambientes naturales sobresalientes, por mera satisfacción personal y de convivencia social a nivel de pequeños grupos de amigos y entre un público eminentemente joven”. El turismo rural obedece más a un turista que busca más conectar con el mundo rural y con la tranquilidad por eso apunta a mayores de edad entre 40-65 años.

Cardoso *et al.* (2019), destacan que el turismo rural aparece como una actividad económica complementaria a la agricultura, lo que permite al pequeño productor o unidad productiva, diversificar y ampliar su fuente de ingresos y disminuir la dependencia del monocultivo; además contribuye a la articulación de las diferentes dimensiones del desarrollo, ya sean ambiental, social, económico y cultural.

**Modelo de turismo rural y desarrollo local.** El desarrollo del turismo rural comunitario, como modelo para impulsar el desarrollo local, puede ser un proceso lento y complejo. Esta complejidad surge de la necesidad de analizar y adaptarse a las características específicas de cada comunidad en los ámbitos sociocultural, ambiental y económico. Para potenciar el turismo rural comunitario como una alternativa

## DESARROLLO RURAL

complementaria, es imprescindible realizar una evaluación de sus condiciones turísticas. Este modelo no solo busca generar ingresos, sino promover la revalorización de las actividades tradicionales, la identidad cultural y los valores locales. Adicionalmente, el turismo rural comunitario, es fundamental para garantizar la participación e integración de los jóvenes, asegurando así el relevo generacional necesario para el desarrollo rural integral y sostenible de la comunidad.

Según Pérez (2018), es importante que las cooperativas se centren en el cumplimiento de los principios del turismo rural comunitario, los que son establecidos para consolidar su contribución al desarrollo local humano. El principio central señala que la gestión directa del turismo por las propias comunidades es crucial, ya que asegura dos elementos esenciales para el desarrollo sostenido del sector: 1) la diversificación económica, al permitir que las comunidades se beneficien de los recursos generados por la actividad turística, complementando a la agricultura; y 2) la autogestión, que garantiza una protección de la Reserva Natural, reforzando así las prácticas de conservación.

El objetivo del turismo comunitario es preservar la identidad étnica, la valoración y la transmisión del patrimonio cultural en todas sus formas, ya que las culturas autóctonas son portadoras de valores, historia e identidad (Maldonado, 2005). En el marco conceptual del turismo Hiernaux-Nicolas *et al.* (2002) identifican y clasifican la actividad turística en tres modelos estructurales: el modelo segregado (infraestructura hotelera en manos extranjeras), el modelo integrado (mayor participación de pobladores locales) y el modelo relativamente integrado (combina características de los modelos anteriores).

En la cooperativa Eco albergue - La Fundadora y Cooperativa Carlos Diaz Cajina, se desarrolla un modelo turístico integrado, asociado generalmente a las pequeñas y medianas empresas; es un elemento colaborador que favorece el surgimiento y desarrollo del turismo en el que ocurre una vinculación de la experiencia turística con el ambiente y la población local. Con este modelo la comunidad participa en la planificación y gestión de la oferta turística; algunos pobladores son asalariados y portadores de determinadas ideas turísticas expresadas en distintas iniciativas.

El turismo inclusivo, al generar empleo e ingresos directos para la comunidad, ha tenido un alto impacto en el desarrollo local del área de influencia de la Cooperativa Ecoalbergue - La Fundadora, afirma su presidente Guadalupe Castro (comunicación personal, 5 de julio de 2022). La afluencia de turistas y de instituciones ha facilitado el desarrollo de proyectos comunitarios, incluyendo programas de educación ambiental dirigidos a los niveles de primaria y secundaria, así como capacitaciones en gestión turística y sistemas productivos como el café, campañas de reforestación y fomento de la agricultura orgánica.

La Cooperativa Carlos Díaz Cajina, (Finca Magdalena), ofrece servicios de alojamiento, alimentación y recorridos guiados. Según su presidente, Félix Pascual (comunicación personal, 12 de agosto de 2024), la actividad turística ha sido consistentemente planificada, gestionada y controlada por los socios de la cooperativa.

Según Kieffe (2018) la acción de emprender una actividad turística se conceptualiza como un proceso de construcción social que requiere el uso de recursos específicos con el fin de generar dinámicas territoriales; este proceso se aplica y se observa en el Eco albergue - La Fundadora donde la organización y gestión de la actividad turística, genera beneficios económicos directos e indirectos.

Este estudio permitió caracterizar las condiciones básicas del turismo rural y comunitario en la Cooperativa Carlos Díaz Cajina (Finca Magdalena), que capitaliza el atractivo natural de la Isla de Ometepe, reconocida a nivel mundial como un destino turístico, y a la Cooperativa Eco albergue - La Fundadora, que basa su oferta en atractivos naturales (senderos y cascadas) y socioeconómicos (el Eco albergue y fincas agroturísticas). Los hallazgos confirmaron que el turismo rural y comunitario contribuye al desarrollo local de las comunidades. Esta contribución se materializa a través de diversos modelos de trabajo y gestión (colectivos o individuales), que pueden generar beneficios en cadena, siempre y cuando la actividad turística sea planificada y ejecutada bajo criterios de sostenibilidad.

El análisis comparativo de las experiencias turísticas en el Eco albergue - La Fundadora y la Cooperativa Carlos Díaz Cajina (Finca Magdalena) muestra la existencia de componentes comunes que han guiado el inicio, gestión y desarrollo de su modalidad. Estos factores incluyen la identificación inicial de necesidades económicas y ambientales de las comunidades. Ambas iniciativas comparten la forma organizativa de cooperativa y han optado por el turismo rural comunitario como estrategia para la diversificación y el complemento de sus recursos económicos. Un elemento clave ha sido la identificación de los recursos turísticos potenciales, ya sean naturales o culturales.

Mata *et al.* (2022) menciona que las cooperativas que se encuentran inmersas en la actividad turística se han reconocido como un detonante del desarrollo sustentable, pues se considera que su naturaleza de cooperación y visión comunitaria puede establecer políticas internas de manejo de los recursos naturales, promoviendo el cuidado de los ecosistemas y culturas. El cooperativismo es un factor clave del turismo comunitario y una herramienta de desarrollo local, que promueve la integración comunitaria, la gobernanza y el empoderamiento del territorio, con ello se busca la satisfacción del entorno socio – político del desarrollo local.

## DESARROLLO RURAL

En términos de gestión externa y regulación, ambos casos han recibido apoyo institucional y han estado articulados con actores públicos y privados.

López (2024), plantea que el primer paso, dentro del componente del modelo de turismo rural y comunitario, es la identificación de actores que podrían establecer alianzas, como las autoridades gubernamentales y municipales que bajo el modelo de desarrollo económico, sociocultural y ambiental, desean impulsar alternativas que aporten al desarrollo local de las comunidades rescatando su esencia vital con los comunitarios desde procesos de sensibilización y concientización de ser protagonistas del desarrollo personal y colectivo.

Mainet-Pérez *et al.* (2023) plantea que para obtener un mejor desempeño en las zonas turísticas rurales es necesario que exista un vínculo estrecho entre las diferentes entidades o sectores que forman parte de estas zonas rurales, como instituciones gubernamentales y no gubernamentales, empresarios locales y pobladores de la comunidad.

Desde lo ambiental, las actividades se desarrollan en áreas que pertenecen o limitan con reservas naturales sujetas a planes de manejo establecidos por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA). El desarrollo de capacidades ha sido fundamental, evidenciado por la continua formación y capacitación en temas como la gestión y desarrollo del turismo rural y la protección ambiental. En cuanto a la oferta, las modalidades turísticas predominantes incluyen el turismo de aventura, el turismo de naturaleza y el turismo cultural.

Acuña *et al.* (2021), indica que “Es fundamental que el turismo se desarrolle con una adecuada gestión, especialmente en lo que se refiere a la planificación de los destinos turísticos, considerando principalmente la capacidad de carga de los sitios más sensibles” (p. 102).

El turismo rural comunitario se fundamenta en el fortalecimiento del cooperativismo como eje organizativo. La estrategia clave para la diversificación económica de las comunidades es la implementación de modalidades turísticas especializadas, que incluyen el turismo de naturaleza, el ecoturismo, el turismo de aventura y el agroturismo. Estos servicios se gestionan localmente, enfatizando la interacción cultural y ambiental, y son potenciados por el apoyo de instituciones públicas y alianzas con el sector privado.

### CONCLUSIONES

Ambas cooperativas iniciaron su trayectoria organizativa durante el período de la reforma agraria e integraron posteriormente la actividad turística como estrategia de diversificación de sus actividades económicas y de desarrollo. Esta integración genera beneficios económicos directos para los socios e impactos socioeconómicos indirectos en las comunidades, a través de la generación de empleo y el aumento del ingreso local. La Cooperativa Carlos Díaz Cajina (Finca Magdalena) y el Eco albergue - La Fundadora, capitalizan atractivos naturales distintivos. La Fundadora está ubicada en la zona Norte de Nicaragua, caracterizada por su clima fresco, paisajes montañosos, bosques de pino y ambiente rural. La Finca Magdalena se localiza en la Isla de Ometepe, un destino consolidado a nivel global y reconocido por la UNESCO como Reserva de Biosfera, lo que resalta la riqueza y la variedad de sus bienes naturales.

El turismo rural y comunitario aporta al desarrollo local de las comunidades y se manifiesta a través de diversos modelos de trabajo y gestión que pueden ser colectivos o individuales y capaces de generar beneficios en cadena. La efectividad de esta contribución es posible si las actividades son planificadas y desarrolladas con criterios de sostenibilidad y en vínculo con las estrategias de desarrollo nacional.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, M., Calvo, D. y Fontana, Y. (2021). Estado de situación del ocio y el turismo sostenible en Costa Rica. *Trama, Revista de ciencias sociales y humanidades*, 10(1), 84-131. [https://www.academia.edu/89488517/Estado\\_de\\_situaci%C3%B3n\\_del\\_ocio\\_y\\_el\\_turismo\\_sostenible\\_en\\_Costa\\_Rica](https://www.academia.edu/89488517/Estado_de_situaci%C3%B3n_del_ocio_y_el_turismo_sostenible_en_Costa_Rica)
- Amayo, J. (2016). *Condiciones turísticas del Distrito de Cascas para desarrollar el turismo de naturaleza aventura en el año 2016* [Tesis de Licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/391/Amayo\\_MJ-D.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/391/Amayo_MJ-D.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Asamblea Nacional de Nicaragua. (2013, 8 de marzo). Ley N° 835. Ley de Turismo Rural Sostenible de la República de Nicaragua. Diario Oficial No. 184. <https://rb.gy/bvjhf1>
- Arróliga Montenegro, C. y Zamora Jarquin , F. (2020). Turismo rural comunitario: una alternativa para el desarrollo socioeconómico de la comunidad El Ostional, San Juan del Sur, Rivas, Nicaragua. *La Calera*, 20(35), 140-146. <https://lacalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/433/659>
- Cardoso Carreño, D., Collado Socarrás, L. Y., Pérez Hernández, I. y Rodríguez Martínez, M. (2019). Análisis de la gestión de turismo rural en función del desarrollo local. *Cooperativismo y Desarrollo*, 7(1), 54-63. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6832810.pdf>

**DESARROLLO RURAL**

- Combariza González, J. (2012). *El turismo rural como estrategia de desarrollo sostenible: caso municipio de La Mesa (Cundinamarca.)* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/items/3d390f19-6c5f-4216-9489-68d76fbf0b26>
- Juárez Mancilla, J., Cruz Chávez, P., Cruz Chávez, G. y Torres García, J. (2023). *Estrategias para el turismo rural. Comunidad científica.* <https://comunicacion-cientifica.com/wp-content/uploads/2024/03/157.-PDF-Estrategias-para-el-turismo-comunitario.pdf>
- García, L. (2006). *El uso de marcas como herramienta para apoyar estrategias competitivas en turismo comunitario.* Organización Internacional de Trabajo. <https://www.ilo.org/es/media/321726/download>
- Hiernaux-Nicolas, D., Cordero, A. y Van, L. (2002). *Imaginarios sociales y turismo sostenible.* FLACSO. [https://biblioteca.clacso.edu.ar/Costa\\_Rica/flacso-cr/20120815033220/cuaderno123.pdf](https://biblioteca.clacso.edu.ar/Costa_Rica/flacso-cr/20120815033220/cuaderno123.pdf)
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2014). *Guía para la formulación de planes de desarrollo turístico en territorios rurales.* IICA. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3028/BVE17068944e.pdf;jsessionid=D89559CD8BE4A05B2B61C278C011B25B?sequence=1>
- Jara, O. (2011). *Orientaciones teórico-prácticas para la sistematización de experiencias.* <https://centroderecursos.alboan.org/sistematizacion/es/registros/6793-orientaciones-teorico-practicas-para-la>
- Kieffe, M. (2018). Conceptos claves para el estudio del Turismo Rural Comunitario. *El periplo sustentable*, (34), 8-43. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-90362018000100008](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-90362018000100008)
- López, M. (2024). *Modelo de Turismo rural comunitario como alternativa de desarrollo local en tres comunidades del municipio de Santa Teresa, Carazo 2018-2021* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/4972/3/tne201864t.pdf>
- Maldonado, C. (2005). *Pautas metodológicas para el análisis de experiencias en turismo comunitario.* <https://asesoresenturismoperu.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/05/202-pautas-metodologicas-para-el-analisis-de-experiencias-de-turismo-comunitario.pdf>
- Mata Arratia, E., Palmas Castrejón, Y., Jiménez Ruiz, A. y Serrano Barquín, R. (2022) Cooperativismo como una herramienta para el turismo de base comunitaria. La respuesta desde la literatura. *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 20(1), 195-208. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8237304>
- Millán Vázquez de la Torre, M. G., López-Guzmán Guzmán, T. y Agudo Gutiérrez, E. (2006). El turismo rural como agente económico: desarrollo y distribución de la renta en la zona de Priego de Córdoba. *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, (55), 167-192. <https://www.redalyc.org/pdf/174/17405507.pdf>
- Mainet-Perez, Y., Cruz Aguilera, N., Avilas-Hernández, J. y Guevara- Plaza, A. (2023). Comportamiento de la gestión de las alianzas estratégicas para el turismo rural. *Ciencias Holguín*, 29(2), 1-11. <https://www.redalyc.org/journal/1815/181574886004/html/>
- Pérez, C. (2018). Desarrollo Humano Local en Nicaragua: el caso de la cooperativa de turismo rural comunitario “Las Pilas-El Hoyo”, municipio de León. *Revista Latino-Americana de Turismología*, 3(1), 48-57. <https://doi.org/10.34019/2448-198X.2017.v3.10030>
- Pérez, S. (2006). El valor estratégico del turismo rural como alternativa sostenible de desarrollo territorial rural. *Agronomía Colombiana*, 28(3), 507-513. <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180320698018.pdf>
- Ragno, R. (2018). *Turismo Comunitario: una mirada desde lo colectivo.* Alba Sud / Fundación Buena Vida. <https://www.albasud.org/blog/es/1043/turismo-comunitario-una-mirada-desde-lo-colectivo>

# RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

## Contribución de áreas verdes de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León), en la captura de carbono atmosférico

### Contribution of urban green areas at the National Autonomous University of Nicaragua, León (UNAN-León) to atmospheric carbon sequestration

Oscar González-Quiroz<sup>1\*\*o</sup>, Gonzalo Centeno-González<sup>2\*\*o</sup>, María Eugenia Cerda Castillo<sup>3\*\*o</sup>, Aquiles Alexander Reyes<sup>4\*\*o</sup>, Japhet Gimel Medrano Peralta<sup>5\*\*o</sup>, Tamauri Estephany Rayo Ríos<sup>6\*\*o</sup>, Juan Antonio Vallejos Pichardo<sup>7\*\*o</sup>, Guillermo Santiago López Rivas<sup>8\*\*o</sup>

<sup>1</sup> Doctor en Ecología, Conservación y Restauración de Ecosistemas, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2775-801X> oscar.gonzalez@ct.unanleon.edu.ni

<sup>2</sup> Estudiante de la carrera de Biología, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9063-8713> gonzalo.centeno24@est.unanleon.edu.ni

<sup>3</sup> Doctora en Biotecnología Agrícola, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8727-7014> / eugenia.castillo@ct.unanleon.edu.ni

<sup>4</sup> Licenciado en Biología, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1271-4059> / aquiles.reyes@ct.unanleon.edu.ni

<sup>5</sup> Estudiante de la carrera de Biología, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5377-2402> / japhet.medrano22@est.unanleon.edu.ni

<sup>6</sup> Estudiante de la carrera de Biología, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4357-4730> / tamauri.rayo22@est.unanleon.edu.ni

<sup>7</sup> Estudiante de la carrera de Biología, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9728-2617> / juan.vallejos24@est.unanleon.edu.ni

<sup>8</sup> Estudiante de la carrera de Biología, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9721-8281> / guillermo.lopez17@est.unanleon.edu.ni

\* Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León (UNAN-León)

◦ Centro de Investigación en Ciencias Ambientales (CICA)

Autor de correspondencia: [oscar.gonzalez@ct.unanleon.edu.ni](mailto:oscar.gonzalez@ct.unanleon.edu.ni)



## RESUMEN

La vegetación urbana desempeña un papel clave en la mitigación del cambio climático al capturar y almacenar dióxido de carbono, además de ofrecer múltiples servicios ecosistémicos. En este estudio se cuantifica el carbono almacenado en los árboles en tres recintos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León (UNAN-León), localizados en el ecosistema de bosque seco tropical. Se identificaron las especies en cada recinto y se registraron los datos morfométricos (diámetro a la altura del pecho y altura total) de los árboles. A través de fórmulas estandarizadas se estimó el área basal, volumen, biomasa forestal, carbono almacenado y dióxido de carbono equivalente

## ABSTRACT

Urban vegetation plays a key role in mitigating climate change by capturing and storing carbon dioxide, while also providing multiple ecosystem services. In this study, we quantified the carbon stored in trees across three campuses of the Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León (UNAN-León), located within a tropical dry forest ecosystem. Species were identified in each campus, and morphometric data (diameter at breast height and total height) were recorded for all trees. Basal area, volume, aboveground biomass, stored carbon, and equivalent captured CO<sub>2</sub> were estimated using standardized equations. A total of 72 species were identified among

Recibido: 9 de octubre del 2025  
Aceptado: 28 de noviembre del 2025



Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo [donald.juarez@ci.una.edu.ni](mailto:donald.juarez@ci.una.edu.ni)



Copyright 2025. Universidad Nacional Agraria (UNA).

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

capturado. Se identificaron 72 especies en 3 291 individuos registrados. Los resultados muestran un almacenamiento de 837.50 Mg C (mega gramos de carbono), equivalente a 3 113.63 Mg CO<sub>2</sub>. El recinto Carlos Fonseca Amador presenta la mayor capacidad de captura de carbono con 644.70 Mg CO<sub>2</sub>, equivalentes a las emisiones anuales de 661 vehículos, esta capacidad de captura probablemente se deba a su mayor densidad arbórea y madurez del bosque. Las especies guapinol (*Hymenaea courbaril*) y eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) destacaron por su aporte en biomasa y carbono. El estudio aporta evidencia del rol funcional de las áreas verdes en los tres recintos de la UNAN-León en la captura de dióxido de carbono, promoviendo entornos urbanos sostenibles, resilientes y saludables, reforzando el rol activo de las universidades en la mitigación del cambio climático.

**Palabras clave:** biomasa aérea, captura de carbono, vegetación urbana, infraestructura verde, servicios ecosistémicos.

3,291 recorded individuals. The results indicate a total storage of 837.50 Mg of carbon, equivalent to 3,113.63 Mg of CO<sub>2</sub>. The Carlos Fonseca Amador campus exhibited the highest carbon capture capacity, with 644.70 Mg of CO<sub>2</sub>, equivalent to the annual emissions of 661 vehicles; this greater capture capacity is likely associated with its higher tree density and forest maturity. Guapinol (*Hymenaea courbaril*) and eucalipto *Eucalyptus camaldulensis* stood out for their substantial contributions to biomass and carbon storage. The study provides evidence of the functional role of green areas across the three UNAN-León campuses in capturing atmospheric CO<sub>2</sub>, promoting sustainable, resilient, and healthy urban environments, and reinforcing the active role of universities in climate change mitigation.

**Keywords:** Aboveground biomass, carbon capture, urban vegetation, green infrastructure, ecosystem services

**L**os árboles de las zonas urbanas contribuyen a mejorar la calidad del aire y eliminar gases causantes del efecto invernadero. Facilitan el almacenamiento de carbono, reducen el consumo de energía y disminuyen las emisiones de dióxidos de carbono (Connolly Wilson y Corea Siu, 2007; Rasoolzadeh *et al.*, 2024; Rodríguez Guido, 2019), además de otros servicios ecosistémicos (aprovisionamiento y cultural) relevantes para el ser humano.

Las infraestructuras en zonas urbanas que incluyen espacios verdes confieren beneficios a los seres humanos y otras especies (Serrano Stampa, 2016), contribuyendo a la regularización del clima, reducción de la contaminación del aire y el agua, la disminución de la escorrentía de aguas superficiales, la creación de nuevos espacios recreativos y la mejora de la salud humana y el bienestar, así como proporcionar un hábitat para las especies (Davies *et al.*, 2011). Los árboles urbanos pueden ser afectados en el crecimiento, la distribución y la fenología, distorsionando la forma de estos (McHale *et al.*, 2009).

Los principales esfuerzos de cuantificación de los sumideros de carbono se han enfocado en los bosques (Díaz Ramírez, 2020; Esquivel *et al.*, 2016; Ketterings *et al.*, 2001; Martel, 2012), aplicando distintos métodos (Fonseca, 2017; Yepes *et al.*, 2011), dejando de lado el aporte de la vegetación existentes en las zonas urbanas. La diversidad de la vegetación urbana puede contribuir a la conservación de diversos recursos y valores naturales (Padullés Cubino *et al.*, 2015). Aunque en los últimos años, la relación entre la urbanización, los espacios verdes urbanos y el ciclo del carbono ha atraído mucha atención (Wang *et al.*, 2023), especialmente desde la cuantificación y su posible valor económico (Benjamín y Masera, 2001; Serrano Stampa, 2016).

Aunque las ciudades se suelen percibirse como desiertos de hormigón, pueden contener ecosistemas ricos y diversos (Benton-Short y Rennie Short, 2013), reconocidos a través del valor de sus funciones ecosistémicas (como el almacenamiento de carbono) que permitan planificar entornos urbanos más sostenibles y habitables (Bolund y Hunhammar, 1999; Tratalos *et al.*, 2007).

El objetivo de esta investigación fue estimar el carbono almacenado en la vegetación arbórea localizada en las instalaciones de tres recintos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León (UNAN-León), para la cuantificación del carbono almacenado y la capacidad de captura de dióxido de carbono en la vegetación arbórea, que permita contribuir con estudios e iniciativas relativas a la variabilidad y cambio climático, desde la cuantificación de las toneladas de carbono almacenados en zonas urbanas, así como el CO<sub>2</sub> capturado de la atmósfera.

### MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El área del estudio se localiza en la ciudad de León, a 90 kilómetros de Managua, capital de Nicaragua; específicamente en tres recintos de la sede central de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León (UNAN-León), distribuidos en tres puntos de la ciudad (Figura 1). León se localiza en el Pacífico de Nicaragua y presenta especies arbóreas propias de un bosque seco tropical; el régimen de precipitación no supera los 1 500 mm anuales y se encuentra a una altura entre 80 y 120 metros sobre el nivel del mar (Maes *et al.*, 2025). Los recintos Silvio Mayorga y Carlos Fonseca Amador se localizan al sur y el recinto Cristhiam Emilio Cadenas al sureste de la ciudad de León.

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

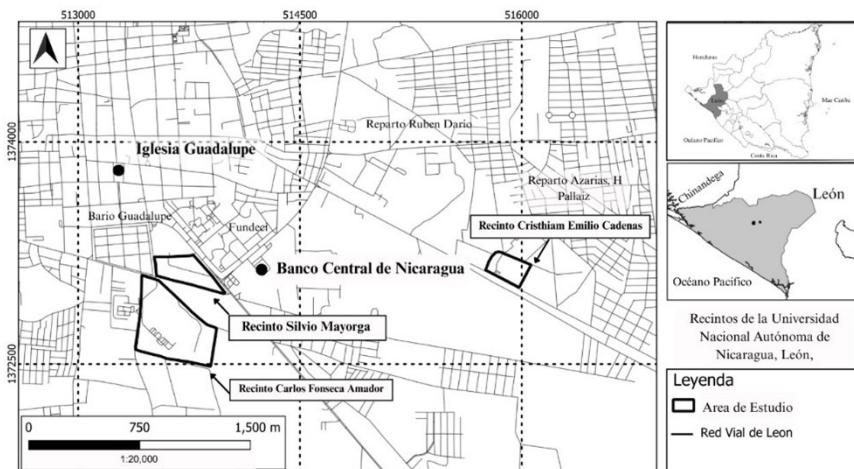


Figura 1. Ubicación de los recintos universitarios en la ciudad de León.

### Variables evaluadas

**Diversidad y abundancia.** En cada recinto se identificaron los árboles con diámetros mayores a 5 cm.

**Altura (m) y diámetro (m).** Los datos de altura total se midieron con un clinómetro y el diámetro a la altura del pecho (DAP) con una cinta diamétrica.

**Área basal.** La determinación del carbono almacenado parte de los datos morfométricos que permiten calcular el área basal por especies. Se reconoce el área basal como la sección transversal del tronco a la altura del pecho, expresada en metros cuadrados. Se utilizó la fórmula propuesta por Husch *et al.*, (1993) que indica:

$$AB(m^2) = \frac{\pi}{4} * D^2$$

Dónde:

AB: Área basal ( $m^2$ )

$\pi / 4$ : constante 0.7854

D: Diámetro normal medido aproximadamente a 1.30 metros desde la superficie del suelo.

Luego se determina el volumen maderable a partir del producto del área basal multiplicado por la altura total de cada individuo y por un coeficiente de forma (relación entre el volumen real y el volumen aparente de un árbol) que permite corregir la diferencia y obtener un valor más cercano al volumen verdadero de los árboles.

Al obtener los valores del área basal por especies y por la masa forestal de cada recinto, se procede a calcular el volumen maderable por especies, considerando el factor de conversión geométrico propuesto por Ugalde (1981). Se utilizó el factor de conversión geométrico de 0.75 para aquellas especies que no tenían registros.

$$Vol = AB * Ht * Fc$$

Donde:

Vol: Volumen

AB: Área basal

Ht: Altura total por individuos

Fc: Factor de conversión geométrico según la forma del árbol.

A partir del volumen se calcula la biomasa forestal, que es la base para cuantificar el carbono almacenado en los tres recintos. Se utilizó la fórmula propuesta por Brown (1997), quien señala que la biomasa forestal es igual a:

$$Bf = Vol * GE * FEBa$$

Dónde:

Bf: Biomasa forestal en Mega gramos (Mg)

Vol: Volumen total ( $m^3$ )

GE: Densidad de la madera ( $g \text{ cm}^3$ )

FEBa: Factor de expansión de la biomasa aérea (ramas, hojas), con un valor estándar de 1.20, según los establecido por la Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2003).

La densidad de madera ( $g \text{ cm}^3$ ) se determinó para cada especie, tomando de referencia los valores reportados por Reyes *et al.* (1992), Doraisami *et al.* (2022) y Castillo-Figueroa *et al.* (2023).

**Cálculo del carbono almacenado.** A partir de la biomasa forestal se calculó el carbono almacenado en Mega gramos de carbono (Mg C) por árbol, y luego se determinó el almacenamiento completo para todos los individuos y especies en los tres recintos.

El cálculo del carbono almacenado se realizó mediante la fórmula propuesta por el IPCC (2003):

$$C = Bf * Fc$$

Dónde:

C: Carbono almacenado (Mg C)

Bf: Biomasa forestal (Mg)

Fc: Factor de conversión de carbono (0.5) (constante)

Para estimar el dióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_2 \text{ eq}$ ) absorbido, se empleó la relación estequiométrica

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

entre el carbono y el CO<sub>2</sub>, utilizando el factor de conversión 3.67, derivado del cociente entre los pesos moleculares del CO<sub>2</sub> (44 g mol<sup>-1</sup>) y del carbono elemental (12 g mol<sup>-1</sup>). Este factor permite transformar el carbono almacenado a su equivalente en dióxido de carbono atmosférico removido, para cuantificar el potencial de mitigación climática asociado a la vegetación arbórea de los recintos mediante la retención y almacenamiento de carbono atmosférico.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Diversidad y abundancia.** Se registraron 3 291 árboles; el 59 % en el recinto Carlos Fonseca Amador, 25 % en el recinto Silvio Mayorga y 16 % en el recinto Cristhiam Emilio Cadenas. En total se identificaron 72 especies (exóticas y nativas). Se registraron 51 en el recinto Cristhiam Emilio Cadenas, 51 especies en el recinto Silvio Mayorga y 53 en el recinto Carlos Fonseca Amador; varias de las especies se encuentran presentes en más de un recinto. La especie de guapinol (*Hymenaea courbaril* L.) ubicada en el recinto Carlos Fonseca Amador presentó la mayor abundancia, contabilizando 336 individuos, seguida de la especie de madroño (*Callycophyllum candidissimum* (Vahl) DC) con 147 individuos en el recinto Cristhiam Emilio Cadenas y 130 individuos de mango (*Mangifera indica* L.) en el recinto Silvio Mayorga.

Se evidencia un importante aporte de cobertura arbórea urbana para la ciudad de León, distribuida en los tres recintos. La mayor abundancia en el recinto Carlos Fonseca Amador posiblemente se debe a un manejo histórico diferenciado, influenciado por la antigüedad de la infraestructura y sus objetivos de planificación paisajística. En este sentido Nowak y Dwyer (2007) sugieren que la cobertura arbórea es mayor en espacios urbanos consolidados, en comparación con zonas en expansión o con menor planificación.

En cuanto a la riqueza total de especies, los resultados son comparables a los reportados por García García *et al.* (2023) en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua (Chihuahua, México), donde se identificaron 48 especies en un área de muestreo similar. La diversidad existente en los recintos universitarios de la UNAN-León evidencia un esfuerzo deliberado por parte de la institución en promover la diversidad arbórea, incluyendo especies exóticas de rápido crecimiento como mango y neem.

**Área basal (m<sup>2</sup>).** En conjunto las especies del recinto Carlos Fonseca Amador registran la mayor área basal con 200.60±5.68 m<sup>2</sup>, seguido del recinto Silvio Mayorga (80.52±2.34 m<sup>2</sup>) y por último el recinto Cristhiam Emilio Cadenas (36.97±1.77 m<sup>2</sup>). En el recinto Carlos Fonseca Amador la especie guapinol presentó mayor área basal

con 88.03±0.03 m<sup>2</sup>, seguida de neem (*Azadirachta indica* A. Juss), con 24.64±0.11 m<sup>2</sup>. En el recinto Silvio Mayorga, la especie eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) presenta mayor área basal (19.43±0.19 m<sup>2</sup>), seguida de mango con 14.94±0.10 m<sup>2</sup>. En el recinto Cristhiam Emilio Cadenas, los árboles de mango presentan mayor área basal con 7.96±0.25 m<sup>2</sup> seguida de neem (4.94±0.10 m<sup>2</sup>).

El guapinol presenta alta abundancia y representa un caso de dominancia estructural significativa en el recinto Carlos Fonseca Amador. De acuerdo con Escobedo *et al.* (2011) las especies nativas de gran porte como guapinol, contribuyen sustancialmente al almacenamiento de carbono y otros servicios ecosistémicos urbanos. Su presencia podría ser estratégica por su longevidad y resistencia, además de su valor ecológico y cultural.

El recinto Silvio Mayorga, con dominancia de eucalipto y mango presenta un patrón distinto, posiblemente asociado a decisiones de arborización más recientes o basadas en especies de rápido crecimiento y uso múltiple. La menor área basal de las especies en el recinto Cristhiam Emilio Cadenas podría estar relacionada con la edad de los árboles o prácticas de manejo agroforestal más intensivas; pese a contar con una riqueza de especies similar a los otros recintos.

**Carbono.** Las especies del recinto Carlos Fonseca Amador registran mayor área basal, volumen y biomasa forestal, seguido de los recintos Silvio Mayorga y Cristhiam Emilio Cadenas (Cuadro 1), coincidiendo con la mayor densidad y madurez de los árboles. De acuerdo con Siu y Ordeñana (2001) los ecosistemas de mayor edad poseen una capacidad de almacenamiento mayor. Se calculó un reservorio de 837.50 Mg C en los tres recintos, siendo el recinto Carlos Fonseca Amador el de mayor cantidad. El promedio global fue de 23.90 Mg C ha<sup>-1</sup>, siendo superiores a los 10.90 Mg C ha<sup>-1</sup> almacenado en el arbolado de los parques La Rotonda y La Madre, en Manabí, Ecuador (Castillo-Ruperti *et al.*, 2022).

En investigaciones enfocadas en el almacenamiento de carbono en la vegetación de las ciudades de Leipzig (Alemania) reportaron 11.8 Mg C ha<sup>-1</sup> (Strohbach y Haase, 2012) y Barcelona (España) 11.2 Mg C ha<sup>-1</sup> (Chaparro y Terradas, 2009), valores inferiores a los 23.90 Mg C ha<sup>-1</sup> registrados en esta investigación. En Oakland (EE.UU.) estimaron un valor menor de almacenamiento de 11.0 Mg C ha<sup>-1</sup> (Nowak, 1993). En cambio, en Leicester (Reino Unido), registraron 31.6 Mg C ha<sup>-1</sup> (Davies *et al.*, 2011), superior a los obtenidos en este estudio. La vegetación de los recintos universitarios de la UNAN-León favorecen una mayor capacidad de captura y almacenamiento de carbono, destacando su relevancia en la captura del dióxido de carbono, así como sumidero de carbono para la ciudad.

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

**Cuadro 1.** Características estructurales y estimación de almacenamiento de carbono total por recinto universitario

Ítems	Recinto Universitario			Total	Promedio
	Carlos Fonseca Amador	Silvio Mayorga	Cristhiam Emilio Cadena		
Áreas de estudio (ha)	20.70	5.00	4.20	29.90	
Áreas verdes (ha)	11.40	1.80	2.80	16.00	
Número de árboles	1934.00	840.00	517.00	3291.00	
Área basal (m <sup>2</sup> )	370.7±0.15	80.5±0.11	37.0±0.11	488.20	
Volumen (m <sup>3</sup> )	1869.7±0.80	406.0±0.73	169.1±0.78	2444.80	
Biomasa forestal (kg)	1436.84±0.47	312.8±0.43	115.5±0.43	1865.14	
Carbono total (Mg C)	644.70	140.80	52.00	837.50	
Dióxido de carbono equivalente total (Mg CO <sub>2</sub> eq)	2366.05	556.74	190.84	3113.63	
Carbono (Mg ha <sup>-1</sup> )	31.15	28.16	12.38	23.90	
Carbono en áreas verdes (Mg ha <sup>-1</sup> )	56.55	78.22	18.57	51.11	
Dióxido de carbono equivalente por hectárea (Mg CO <sub>2</sub> eq ha <sup>-1</sup> )	114.30	111.35	45.44	90.36	
Dióxido de carbono equivalente por hectárea en áreas verdes (Mg CO <sub>2</sub> eq ha <sup>-1</sup> )	207.56	273.78	65.00	182.11	

Mg C: Mega gramos de carbono, Mg CO<sub>2</sub> eq: Mega gramos de dióxido de carbono equivalente, Mg ha<sup>-1</sup>: Mega gramos por hectárea.

Los tres recintos capturaron 3 113.63 Mg CO<sub>2</sub> eq (mega gramos de dióxido de carbono equivalente), siendo el recinto Carlos Fonseca Amador el de mayor captura, lo que está relacionado con una mayor área, densidad de árboles y madurez de los árboles, aportando a la reducción de gases de efecto invernadero. En promedio en los tres recintos se capturó 90.36 Mg CO<sub>2</sub> eq ha<sup>-1</sup>, y es el recinto Carlos Fonseca Amador, el que más CO<sub>2</sub> equivalente captura por hectárea (114.3); estos valores son inferiores a los reportados por Aguirre Padilla (2017) en un bosque seco, en el que registraron valores de 118.44 Mg CO<sub>2</sub> eq ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, el recinto Silvio Mayorga es el que registra mayor dióxido de carbono equivalente por hectárea en áreas verdes (Mg CO<sub>2</sub> eq ha<sup>-1</sup>).

Surya Prabha *et al.* (2020) indican que los árboles urbanos capturan carbono y contribuyen a la reducción de la contaminación provocada por los automóviles, alcanzando un ahorro neto de emisiones de carbono hasta de 18 kg CO<sub>2</sub> año<sup>-1</sup> árbol<sup>-1</sup>; además, intervienen en la modificación del clima, principalmente por la sombra, la evapotranspiración y la reducción de la velocidad del viento (Akbari, 2002). Son importante por su valor estructural y contribución en la concientización a las personas, además que, la captura y almacenamiento del carbono son cotizados en la bolsa de valores (Jaúregui Rodríguez *et al.*, 2022). Así mismo, a largo plazo, contribuyen directamente en la mitigación del cambio climático (Benjamín y Masera, 2001).

Los resultados indican diferencias en la captura de carbono entre los recintos, destacando el recinto Carlos Fonseca Amador con la mayor cantidad de dióxido de carbono equivalente total (Mg CO<sub>2</sub> eq), debido a su diversidad estructural y mayor cobertura forestal; factores reconocidos por mejorar la captura de carbono (Escobedo *et al.*, 2010). Además, la edad y madurez de los árboles también influyen

significativamente en la cantidad de carbono almacenado (Keith *et al.*, 2009). Las especies con mayor biomasa tienden a capturar más carbono, una relación directa comprobada en bosques tropicales y subtropicales (Chave *et al.*, 2005). Otro aspecto es que la infraestructura verde correctamente manejada, puede duplicar la eficiencia de captura comparada con espacios sin gestión ecológica (Davies *et al.*, 2011).

Las áreas verdes dentro de las instalaciones de los recintos universitarios de la UNAN-León están posiblemente dentro de los mayores sumideros de carbono de la ciudad de León, contribuyendo de forma significativa a compensar las emisiones de dióxido de carbono emitidas por vehículos. La cantidad de CO<sub>2</sub> capturados en los tres recintos son aproximadamente el equivalente a las emisiones de 661 vehículos en funcionamiento, con un promedio de 4.6 toneladas métricas anuales (United States Environmental Protection Agency (EPA), 2023). Los tres recintos universitarios, a pesar de ser áreas pequeñas, tienen impactos importantes a escala local, principalmente en los servicios ecosistémicos de regulación y en lo cultural.

Más allá de su función ambiental, la vegetación de los tres recintos universitarios tiene un alto valor en función de los servicios ecosistémicos que brindan. Estudios han demostrado que los espacios verdes urbanos, como el recinto Carlos Fonseca Amador, generan beneficios a la salud mental y física, además de funciones ecológicas claves (Tzoulas *et al.*, 2007). La valorización económica del carbono almacenado en árboles urbanos también es una herramienta útil para fomentar políticas de conservación (Mcpherson *et al.*, 1997). Asimismo, la planificación urbana debe considerar la integración de vegetación en sus infraestructuras ya que mejora la resiliencia frente al cambio climático (Gill *et al.*, 2007); y desde una perspectiva global, la captura de carbono por vegetación urbana representa una estrategia complementaria clave para alcanzar metas climáticas (Pataki *et al.*, 2006). Por tanto, promover la investigación y monitoreo de estos servicios en áreas educativas y otras áreas urbanas, es crucial para su conservación y gestión efectiva.

Los resultados contribuyen con la gestión ambiental y el desarrollo de estrategias de conservación en los recintos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León,

**RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE**

así como futuras acciones enfocadas en la planificación de ciudades verdes. Pucha-Cofrep *et al.* (2023) indican que la planificación en la selección de especies y el manejo de los árboles es relevante para optimizar el servicio ecosistémico de la captura de carbono, principalmente, especies autóctonas de rápido crecimiento y con alta densidad de madera.

**CONCLUSIONES**

Los recintos universitarios de la UNAN-León constituyen importantes sumideros de carbono dentro del entorno urbano de la ciudad de León, destacando el recinto Carlos Fonseca Amador por su alta biomasa y diversidad estructural. La presencia de especies de rápido crecimiento y alta densidad maderable, así como la adecuada planificación del arbolado, son variables indispensables para mejorar la capacidad de

captura de carbono de áreas verdes urbanas. La integración de infraestructura verde en el entorno urbano universitario, se considera una prioridad dentro de las políticas institucionales para la sostenibilidad.

**AGRADECIMIENTOS**

Esta investigación fue posible gracias a los fondos del Programa de Pequeñas Ayuda para la Investigación de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León (UNAN-León). Nuestro agradecimiento a los estudiantes de la carrera de Biología de la UNAN-León por su aporte durante la fase de campo del proyecto, así como a las autoridades universitaria por el apoyo brindando durante el desarrollo del proyecto.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Aguirre Padilla, N. I. (2017). *Captura de carbono en el compartimiento leñoso del bosque seco en la provincia de Loja con perspectivas de mercado* [Tesis de Maestría, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio institucional <https://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/7336>
- Akbari, H. (2002). Shade trees reduce building energy use and CO<sub>2</sub> emissions from power plants. *Environmental Pollution*, 116(1), 119–126. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00264-0](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00264-0)
- Benjamín, J. A. y Masera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 7(1), 3-12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61770102>
- Benton-Short, L., & Rennie Short, J. (2013). *Cities and nature*. Routledge.
- Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29(9), 293–301. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00013-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00013-0)
- Brown, S. (1997). *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a Primer*. <https://www.fao.org/4/w4095e/w4095e00.htm>
- Castillo-Figueroa, D., González-Melo, A., & Posada, J. M. (2023). Wood density is related to aboveground biomass and productivity along a successional gradient in upper Andean tropical forests. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1276424>
- Castillo-Ruperti, R. J., Rodríguez-Guerrero, B. y Bravo-Meza, K. (2022). Fijación de Carbono (CO<sub>2</sub>) del arbolado de los parques Las Rotonda y La Madre, Manabí, Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada "YACHASUN"*, 6(10), 8–21. <https://doi.org/10.46296/yc.v6i10.0141>
- Chaparro, L., & Terradas, J. (2009). *Ecological services of urban forest in Barcelona*. <https://www.itreetools.org/documents/302/Barcelona%20Ecosystem%20Analysis.pdf>
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J. P., Nelson, B. W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B., & Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1), 87–99. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>
- Connolly Wilson, R. Y. y Corea Siu, C. A. (2007). *Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1103>
- Davies, Z. G., Edmondson, J. L., Heinemeyer, A., Leake, J. R., & Gaston, K. J. (2011). Mapping an urban ecosystem service: Quantifying above-ground carbon storage at a city-wide scale. *Journal of Applied Ecology*, 48(5), 1125–1134. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02021.x>
- Díaz Ramírez, N. (2020). *Estimación de la fijación de carbono en un bosque de transición en la microcuenca Arroyohondo* [Informe de pasantía para optar al grado de Ingeniero Ambiental]. Universidad Autónoma de Occidente. <https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/9586a178-ce05-445d-a7b4-cef2b3f987fc/content>
- Doraisami, M., Kish, R., Paroshay, N. J., Domke, G. M., Thomas, S. C., & Martin, A. R. (2022). A global database of woody tissue carbon concentrations. *Scientific Data*, 9(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01396-1>
- Escobedo, F. J., Kroeger, T., & Wagner, J. E. (2011). Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. *Environmental Pollution*, 159(8–9), 2078–2087. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.01.010>

**RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE**

- Escobedo, F., Varela, S., Zhao, M., Wagner, J. E., & Zipperer, W. (2010). Analyzing the efficacy of subtropical urban forests in offsetting carbon emissions from cities. *Environmental Science and Policy*, 13(5), 362–372. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2010.03.009>
- Esquivel, G., González, M., & Morales, G. (2016). *Estimación y valoración económica del carbono almacenado en la biomasa áerea del corredor biológico de la selva El Ocote – Cañón del Sumidero*. <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/317/1/2017-PEG%20-%20Estimaci%C3%B3n%20Valoraci%C3%B3n%20Econ%C3%BCmica%20Carbono%20El%20Ocote.pdf>
- Fonseca-González, W. (2017). Revisión de métodos para el monitoreo de biomasa y carbono vegetal en ecosistemas forestales tropicales. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 91–109. <https://www.redalyc.org/pdf/6650/665070588007.pdf>
- García García, S. A., Solano, J. R., Vargas Flores, A. K., Rodríguez, E. A., Aguirre Calderón, O. A., Molina Guerra, V. M. y García, R. S. (2023). Caracterización arbórea, evaluación de daños y su impacto en la infraestructura en un campus universitario. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(80), 105–129. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v14i80.1397>
- Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., & Pauleit, S. (2007). Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *Built Environment*, 33(1), 115–132. <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>
- Husch, B., Miller, C., & Beers, T. (1993). *Forest mensuration* (3rd ed.). Krieger Publishing Company.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2003). *Good practice guidance for land use, land-use change and forestry*. IPCC. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/GPG\\_LULUCF\\_FULLEN.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/GPG_LULUCF_FULLEN.pdf)
- Jaúregui Rodríguez, R. de J., Gallegos Rodríguez, A., Hernández Álvarez, E., Guzmán Paredes, C., Sube Ramírez, J. L. y Godoy González, A. (2022). Estimación del carbono almacenado del arbolado urbano de Guadalajara, Jalisco, México, mediante modelos Biométricos. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(1), 224–240. <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n1-018>
- Keith, H., Mackey, B. G., & Lindenmayer, D. B. (2009). Re-evaluation of forest biomass carbon stocks and lessons from the world's most carbon-dense forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(28), 11635–11640. <https://doi.org/10.1073/pnas.0901970106>
- Ketterings, Q. M., Coe, R., Van Noordwijk, M., Ambagau, Y., & Palm, C. A. (2001). Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management*, 146(1–3), 199–209. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00460-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00460-6)
- Maes, J. M., Saldívar, I., Ríos, M., & Guevara, J. (2025). Historia natural del bosque tropical seco de Nicaragua. En I. Saldívar Gómez (Ed.), *Historia natural del bosque tropical seco de Nicaragua* (pp. 1–13). Revista Nicaraguense de Biodiversidad. <http://www.bionica.info/RevNicaBiodiv/116-Bosque-Seco-Nicaragua.pdf>
- Martel, C. (2012). Cuantificación del carbono almacenado en formaciones vegetales amazónicas en “Cicra”, Madre de Dios (Perú). *Ecología Aplicada*, 11(2), 59–65. <https://doi.org/10.21704/rea.v11i1-2.426>
- McHale, M. R., Burke, I. C., Lefsky, M. A., Peper, P. J., & McPherson, E. G. (2009). Urban forest biomass estimates: is it important to use allometric relationships developed specifically for urban trees? *Urban Ecosyst*, 12, 95–113. <https://doi.org/10.1007/s11252-009-0081-3>
- McPherson, E. G., Nowak, D., Heisler, G., Grimmond, S., Souch, C., Grant, R., & Rountree, R. (1997). Quantifying urban forest structure, function, and value: The Chicago urban forest climate project. *Urban Ecosystems*, 1, 49–61. <https://www.researchgate.net/publication/255946320>
- Nowak, D. J. (1993). Atmospheric carbon reduction by urban trees. *Journal of Environmental Management*, 37(3), 207–217. <https://doi.org/10.1006/jema.1993.1017>
- Nowak, D. J., & Dwyer, J. F. (2007). Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In *Urban and community forestry in the Northeast* (pp. 25–46). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4289-8>
- Padullés Cubino, J., Vila Subirós, J. y Barriocanal Lozano, C. (2015). Biodiversidad vegetal y ciudad: aproximaciones desde la ecología urbana. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 68, 83–107. <https://doi.org/10.21138/bage.1854>
- Pataki, D. E., Alig, R. J., Fung, A. S., Golubiewski, N. E., Kennedy, C. A., McPherson, E. G., Nowak, D. J., Pouyat, R. V., & Lankao, P. R. (2006). Urban ecosystems and the North American carbon cycle. *Global Change Biology*, 12(11), 2092–2102. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01242.x>
- Pucha-Cofrep, D. A., Lozano, D., Jumbo, N., Fernández, P., Armijos, A., Macas, M. F., Gualán, R. y Merino, B. (2023). Caracterización florística y estructura del arbolado urbano de la ciudad de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 13(2), 1–22. <https://doi.org/10.54753/blc.v13i2.1886>
- Rasoolzadeh, R., Mobarghaee Dinan, N., Esmailzadeh, H., Rashidi, Y., Marcu, M. V., & Sadeghi, S. M. M. (2024). Carbon Sequestration and Storage of Urban Trees in a Polluted Semiarid City. *Forests*, 15(9), 1488. <https://doi.org/10.3390/f15091488>
- Reyes, G., Brown, S., Chapman, J., & Lugo, A. E. (1992). *Wood densities of tropical tree species* (SO-GTR-88). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. <https://doi.org/10.2737/SO-GTR-88>
- Rodríguez Guido, L. E. (2019). *Almacenamiento de carbono en dos parcelas permanentes de muestreo del Refugio de Vida Silvestre Río Escalante Chacocente, 2016* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/3872/>
- Serrano Stampa, J. (2016). *Análisis y cuantificación del carbono almacenado en los parques y jardines de la ciudad de Valladolid* [Tesis de Maestría, Universidad de Valladolid]. Repositorio Documental. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/18785>

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

- Siu, M. Y. y Ordeñana, W. (2001). *Estimación del contenido y almacenamiento de carbono en el bosque seco secundario del Refugio de vida silvestre Chococente* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/991/>
- Strohbach, M. W., & Haase, D. (2012). Above-ground carbon storage by urban trees in Leipzig, Germany: Analysis of patterns in a European city. *Landscape and Urban Planning*, 104(1), 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.10.001>
- Surya Prabha, A. C., Muniyandi, S., Krishna Kumar, N., & Nagendran, S. (2020). Urban Forests and their Role in Carbon Sequestration: A Review. *International Journal of Forest Research*, 13(1), 23–29. <https://www.researchgate.net/publication/342551437>
- Tratalos, J., Fuller, R. A., Warren, P. H., Davies, R. G., & Gaston, K. J. (2007). Urban form, biodiversity potential and ecosystem services. *Landscape and Urban Planning*, 83(4), 308–317. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.05.003>
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., & James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3), 167–178. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001>
- Ugalde, L. A. (1981). *Conceptos básicos de dasometría*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). [http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/886/Conceptos\\_basicos\\_de\\_dasometria.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/886/Conceptos_basicos_de_dasometria.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- United States Environmental Protection Agency. (2023). *Greenhouse gas emissions from a typical passenger vehicle: Questions and answers – Fact sheet* (EPA-420-F-23-014). EPA. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=P1017FP5.pdf>
- Wang, H., Feng, Y., & Ai, L. (2023). Progress of carbon sequestration in urban green space based on bibliometric analysis. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1196803>
- Yepes, A., Duque, Á., Navarrete, D., & Philips, J. (2011). *Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa-carbono en Colombia*. <https://www.researchgate.net/publication/269107473>

# RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Sistema acuapónico integrado por tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.) como estrategia de reutilización de agua en producción a pequeña escala

Aquaponics system integrating tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) and Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) for water reuse in small-scale production

Frankling Alexander Calero Montano<sup>1</sup>, Cristofer Antonio Oliva Hernández<sup>2</sup>, Denis Joel Ruiz Hernández<sup>3</sup>, Donald Alonso Juárez Gámez<sup>4</sup>, Roberto Carlos Larios González<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Profesor Adjunto, Dirección de Ciencias Ambientales y Cambio Climático, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5653-654X>, frankling.calero@ci.una.edu.ni

<sup>2</sup> Graduado de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2242-1767>, cristoferoliva28@gmail.com / Dirección de Ciencias Ambientales y Cambio Climático

<sup>3</sup> Graduado de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7495-3370>, dinisjoelruiz@gmail.com / Dirección de Ciencias Ambientales y Cambio Climático

<sup>4</sup> MSc. Plant Production Biology, Profesor Titular, Dirección de Ciencias Agrícolas, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6141-4730> / donald.juarez@ci.una.edu.ni

<sup>5</sup> MSc. Agroecología y Desarrollo Sostenible, Profesor Titular, Dirección de Ciencias Agrícolas, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4290-2216> / roberto.larios@ci.una.edu.ni

Universidad Nacional Agraria

Autor de correspondencia: frankling.calero@ci.una.edu.ni



## RESUMEN

La acuaponía es un sistema productivo cerrado que integra la técnica de la acuicultura con la hidroponía, es decir la producción combinada de peces y plantas sin el uso del suelo. El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad y reutilización de agua en cultivos acuapónicos con tilapia (*Oreochromis niloticus*) y tomate (*Solanum lycopersicum*) en la granja acuícola de la Universidad Nacional Agraria ubicada en el km 12 Carretera Panamericana Norte, Managua, Nicaragua. La metodología utilizada se desarrolló en diversos momentos: instalación del sistema acuapónico con un tanque de 1 000 litros de capacidad de agua (1 m<sup>3</sup>) de origen

## ABSTRACT

Aquaponics is a closed production system that integrates the technique of aquaculture with hydroponics, that is, the combined production of fish and plants without the use of the soil. The aim of this research was to evaluate the quality and reuse of water in aquaponic crops with tilapia (*Oreochromis niloticus*) and tomato (*Solanum lycopersicum*) in the aquaculture farm of the National Agrarian University located at km 12 of the North Pan-American Highway, Managua, Nicaragua. The methodology used was developed at various times: installation of the aquaponic system with a tank of 1,000 liters of water capacity (1 m<sup>3</sup>) of aquaculture origin,

Recibido: 14 de abril del 2025

Aceptado: 26 de noviembre del 2025



Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo [donald.juarez@ci.una.edu.ni](mailto:donald.juarez@ci.una.edu.ni)

Copyright 2025. Universidad Nacional Agraria (UNA).

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

acuícola, filtro mecánico, filtro biológico y cama de siembra con plantas de tomate. Para la determinación de la calidad se evaluaron los parámetros: concentración de iones  $H^+$  (pH), oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno, amonio ( $NH_4^+$ ), nitritos ( $NO_2^-$ ), nitratos ( $NO_3^-$ ), temperatura, turbidez y conductividad eléctrica. Se tomaron muestras de agua en cuatro puntos específicos del sistema. El pH, temperatura y conductividad eléctrica se midió con un equipo multiparamétrico de bolsillo, el oxígeno disuelto con un oxímetro de campo, la turbidez se midió con disco Secchi graduado cada 10 cm; y haciendo uso de soluciones colorimétricas se determinó el  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$  y  $NO_3^-$ . La demanda biológica de oxígeno en cinco días se analizó a nivel de laboratorio. Se observó que todos los parámetros no sobrepasan los valores de referencia propuestos por documentos técnicos y solamente se tuvieron fluctuaciones en las etapas de recambio de agua y alimentación de los peces. Para la demanda biológica de oxígeno en cinco días no hay referencia técnica, por tanto, es un aporte importante para verificar el buen comportamiento de los procesos de oxidación. Estos resultados permiten concluir que el agua es reutilizable, que el sistema es eficiente y que la producción de tomate y tilapia es viable con este tipo de sistema de producción.

**Palabras clave:** acuaponía, remoción, reciclaje, ciclo, solventes.

mechanical filter, biological filter and planting bed with tomato plants. For the determination of quality, the following parameters were evaluated: concentration of ions,  $H^+$  (pH), dissolved oxygen, biological oxygen demand, ammonium ( $NH_4^+$ ), nitrites ( $NO_2^-$ ), nitrates ( $NO_3^-$ ), temperature, turbidity and electrical conductivity. Water samples were taken at four specific points in the system. The pH, temperature and electrical conductivity were measured with pocket multiparameter equipment, dissolved oxygen with a field oximeter, turbidity was measured with a graduated Secchi disc every 10 cm; and using colorimetric solutions,  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$  and  $NO_3^-$  was determined. The biological oxygen demand in five days was analyzed at the laboratory level. It was observed that all the parameters do not exceed the reference values proposed by technical documents and there were only fluctuations in the stages of water exchange and fish feeding. For the biological oxygen demand in five days there is no technical reference, therefore, it is an important contribution to verify the good behavior of the oxidation processes. These results allow us to conclude that the water is reusable, that the system is efficient and that the production of tomatoes and tilapia is viable with this type of production system.

**Keywords:** Aquaponics, removal, recycling, cycle, solvents.

**L**a acuaponía es una alternativa de producción especialmente adecuada en áreas donde el suelo y el agua son recursos limitados, ya que promueve la gestión eficiente del agua. Es un sistema de producción cerrado que combina la acuicultura y la hidroponía, integrando la cría de peces y el cultivo de plantas. Es una tecnología agropecuaria sostenible que se basa en principios de producción circular sin el uso de suelo (Márquez-Couturier y Vásquez-Navarrete, 2015). En este sistema, los desechos metabólicos producidos por los peces son aprovechados como nutrientes por las plantas, lo que reduce la carga química inicial del sistema, eliminando a su vez compuestos tóxicos.

En principio los peces generan amonio ( $NH_4^+$ ) en sus excretas, además de materia orgánica (MO) que se expresan como sólidos en suspensión o sedimentados. El sistema promueve la depuración del agua al pasar por distintos filtros que retienen parte de los sólidos en suspensión y que trasforman el  $NH_4^+$  en nitritos ( $NO_2^-$ ) que es un producto intermedio de la oxidación en el ciclo del nitrógeno (N), hasta la forma de nitratos ( $NO_3^-$ ). Luego la MO, el  $NO_3^-$ , y parte del  $NH_4^+$  (bajas concentraciones) serán absorbidos por plantas que además de ser filtros biológicos depuradores del agua, también se desarrollan en el proceso para ser consumibles.

Este estudio integra al pez tilapia (*Oreochromis niloticus*) y al cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*), variedad JL5 producida por el INTA; esta especie de tilapia es prolífica y se reproduce a temperaturas entre 20 °C y 25 °C, principalmente en áreas subtropicales, y alcanza la

madurez sexual a los dos o tres meses (Saavedra Martínez, 2006), en el caso de la variedad de tomate JL5, se adapta a temperaturas entre 20 °C y 28 °C, su floración comienza aproximadamente a los 24 días, y la cosecha puede estimarse a partir de los primeros 70 días; presenta buena tolerancia a enfermedades y al calor (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2015).

Este trabajo se utilizó la técnica de película de nutrientes, evaluando parámetros fisicoquímicos del agua durante el proceso de remoción de compuestos nitrogenados para su reutilización.

La disponibilidad de agua en algunos sistemas agrícolas representa una limitante ocasionada principalmente por actividades antropogénicas, crisis climática, uso inadecuado de los recursos hídricos y deforestación; además existe contaminación de fuentes hídricas subterráneas y superficiales por falta de conciencia ambiental y asesoramiento para mejorar su gestión. Bajo este enfoque, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2018, p. 36), indica que es importante “crear capacidades en actividades relativas al agua y el saneamiento por medio del tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización”, en la que la acuaponía funciona como un sistema productivo sustentable, vinculado al uso de los recursos suelo y agua.

El objetivo de esta investigación es evaluar la calidad y reutilización del agua en un sistema acuapónico con tilapia y tomate en la granja acuícola de la Universidad Nacional Agraria como tecnologías de producción eficiente y sostenible.

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

### MATERIALES Y MÉTODOS

**Descripción del área de estudio.** La granja de peces de la Universidad Nacional Agraria, es una unidad dedicada principalmente a la reproducción de variedades de peces e investigación experimental. Se ubica en las coordenadas 12°08'59" de latitud Norte y 86°09'44" de longitud Oeste, con una elevación de 56 msnm. El clima predominante es de Sabana Tropical (Aw) según clasificación de Koppen. La temperatura media anual en Managua es de 31 °C y la precipitación media anual de 1 190 mm, la humedad media es del 73 % y el índice UV es igual 7. (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER], 2023).

**Sistema acuapónico.** En este estudio, el sistema acuapónico con técnica de película de nutriente, consta de un tanque con capacidad de 1 000 L de agua (1 m<sup>3</sup>) para uso acuícola. Este se conecta mediante tuberías a un filtro mecánico compuesto por grava (piedrin), luego se conecta a un filtro biológico compuesto por poliestireno (poroplas) y tapones de plásticos. El agua se traslada a la cama de siembra impulsada con una bomba de capacidad de 4 000 litros por hora durante 24 horas; los tubos o canales hidropónicos (espacio de siembra) se construyeron con tubos PVC con agujeros (canales de cultivo) en el que se colocan las plantas. Se utilizaron 24 plantas de tomate de la variedad INTA JL5, estableciendo una relación 1:2 (una planta por cada 2 peces). Se usaron 48 peces con un peso inicial promedio por pez de 50 g.

**Selección de puntos de muestreo.** Se realizó considerando el efecto de cambio en el agua de cada sección del sistema, que puede modificar los parámetros fisicoquímicos, por lo que, se seleccionaron los siguientes puntos de muestreo: a) El estanque de peces (punto 1), donde se generan desechos orgánicos derivados de la alimentación y excretas de las tilapias, b) Efluente de filtro mecánico (punto 2), donde da inicio el proceso de separación y transformación fisicoquímica de la materia orgánica procedente del estanque de peces, c) Efluente de filtro biológico (punto 3), los polímeros de este sitio crean una biopelícula que sirve para degradar (oxidación por microorganismos) y eliminar carga contaminante; está equipado con un sistema de aireación para oxigenar el agua, que acelera la oxidación de la materia orgánica, y d) Salida de agua de los canales hidropónicos y retorno al estanque (punto 4); esta tiene la capacidad de actuar como filtro natural para absorber los nutrientes presentes en el agua, que son atrapados por los tejidos de las plantas y utilizados para su crecimiento, así el agua retorna al estanque con una carga química más baja.

### VARIABLES FÍSICAS

**Turbidez.** La turbidez indica la presencia de materiales suspendidos coloidales y/o particulados (Cirelli, 2012). Con esta variable se desea comprobar cuanta materia orgánica

logra remover el sistema desde su carga inicial hasta el retorno de agua al tanque de peces. Este parámetro se midió al montar el experimento y en el recambio de agua, específicamente en el estanque de peces. Los sólidos totales disueltos en el agua que producen la turbidez corresponden a materiales orgánicos e inorgánicos, para la medición de la turbidez, se utilizó un medidor multiparamétrico de bolsillo Pocket Pro+ Multi 2 Tester debidamente calibrado. Para evitar errores en la medición se lavó el electrodo con agua destilada y se limpió con una toalla antes y después de cada análisis. Se tomó una alícuota (muestra) de 50 ml de agua, se introduce el electrodo y se anota el valor. En el punto 1 se registró la turbidez utilizando un disco Secchi de 100 cm, sumergiéndolo hasta una profundidad en la que no es visible y a partir de ese momento, se mantiene por 30 segundos; luego se mide la distancia de la profundidad de sumersión.

**Temperatura (°C).** La temperatura del estanque se registró en la etapa experimental (28 días continuos) con un multiparamétrico de campo analizador.

**Conductividad eléctrica (μS cm<sup>-1</sup>).** Se midió en microsiemens por centímetro. Esta variable se relaciona con la corriente eléctrica del agua a causa de las especies químicas ionizadas; se midió con un analizador Pocket Pro+ Multi 2 Tester usando alícuotas (muestras de agua) de 50 ml.

**Variables químicas.** Se midió el pH, salinidad, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, oxígeno disuelto (OD) y demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO5).

Para la determinación del pH y salinidad, se utilizó un analizador Pocket Pro+ Multi 2 Tester usando alícuotas de 50 ml. El oxígeno disuelto, medido con un bolígrafo medidor marca Thermo Fisher Scientific previamente calibrado en el laboratorio de recursos naturales de la Universidad Nacional Agraria (LARENA-UNA) utilizando alícuotas de 50 ml.

Se midió el pH de los cuatro puntos de muestreo para determinar la acidez o alcalinidad y su comportamiento en el proceso de depuración del agua y remoción de sustancias. El pH es una medida que sirve para establecer el nivel de acidez o alcalinidad de una disolución. Expresa las concentraciones de iones de hidrógeno, en este caso del agua, y su escala esta entre 0 y 14 (Brown *et al.*, 2002).

También se midió el pH de alto rango, amoníaco, nitrato y nitrito utilizando un kit de prueba freshwater master, que mide niveles de agua por el método colorimétrico. Cada prueba se realizó en tubos de ensayo con una alícuota de 5 ml tomada de cada punto de muestreo. Para la medición de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, se agregaron ocho gotas de la solución test 1 y ocho de la solución test 2. Para la medición de NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, se utilizaron cinco gotas de solución test 1 y para NO<sub>3</sub><sup>-</sup> se agregaron 10 gotas de la solución test 1 y 10 de la solución test 2. Los tubos se tapan y se agitan manualmente por cinco segundos, luego

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

se deja reposar por cinco minutos para desarrollar color y se comparan con la carta de colores del kit de prueba.

Se determinó el  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$  para estimar la remoción de compuestos nitrogenados en el proceso de depuración del agua y su recorrido por los distintos tratamientos del sistema.

El oxígeno disuelto permite evaluar la eficiencia del sistema en base al grado de oxigenación. El oxígeno disuelto en este estudio se vincula con la demanda biológica de oxígeno en cinco días teniendo en consideración la oxidación aerobia de la materia orgánica; ambos son inversamente proporcionales. El oxígeno disuelto solo se midió en los puntos 1 y 4.

La demanda biológica de oxígeno a cinco días (DBO5) se determinó en el laboratorio del Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (CIRA/UNAN-Managua), por el método de Winkler (Standard methods, 2012).

Todas las variables se midieron 28 veces con intervalos de cinco días, excepto la DBO5, que se midió al inicio y al final del estudio en el estanque de peces.

**Análisis estadístico.** La organización de datos se utilizó en el programa Excel y con el programa R estudio se realizó el cálculo de variabilidad significativa y un análisis de componentes principales (ACP) para correlacionar parámetros fisicoquímicos entre puntos de muestreo.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Turbidez.** El valor promedio de turbidez (54 cm) señalado en el Cuadro 1, indica que el sistema realiza remoción de materiales orgánicos e inorgánicos en el filtro mecánico y en la cámara de siembra, puesto que la claridad del agua en el estanque (punto 1) se mantiene hasta un valor profundo de visibilidad. Coral (2015) propone al menos 30 cm para que se pueda calcular la zona fótica (profundidad desde la superficie de una masa de agua que recibe luz) donde ocurre la fotosíntesis para la producción de oxígeno disuelto.

Matos *et al.* (2024), señalan que este parámetro al igual que la concentración de sedimentos en suspensión son indicadores de la calidad del agua y son utilizados para evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos y la eficiencia en el tratamiento del agua. También indican que la medición de la turbidez se utiliza como un diagnóstico necesario para analizar el grado de interferencia de las partículas en suspensión en la propagación de la luz a través del agua, factor que puede ser crítico para los organismos fotosintéticos.

La turbidez es considerada por Cárdenas Chambilla *et al.* (2025), como un parámetro físico crítico y esencial para monitorear y valorar la calidad del agua y el bienestar de los peces.

**Temperatura.** El valor promedio fue de 28.64 °C. Krastanova *et al.* (2022), sugiere temperaturas para las plantas de aproximadamente 23 °C en sistemas acuaponicos. En climas cálidos existe mejor adaptación de los organismos en este tipo de sistema; un aumento de la temperatura en el sistema puede inducir al incremento de concentraciones tóxicas de amoniaco.

En la Figura 1, se observa que no hay diferencias estadísticas en la temperatura en los puntos de muestreo, por tanto, la incertidumbre es baja y la dispersión de los datos también, conservándose dentro de los rangos propuestos por Krastanova *et al.* (2022); Coral, (2015); Simón y Trelles, (2014).

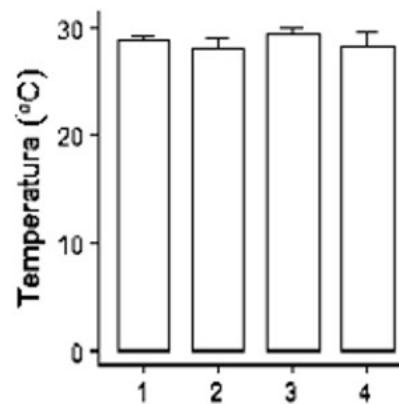


Figura 1. Temperatura (°C) por punto de muestreo.

**Conductividad eléctrica.** La conductividad eléctrica varía según Lopcham *et al.* (2025) entre 100 – 2 000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . El valor registrado (Cuadro 1) se mantiene dentro del rango de aceptación, sin embargo, este parámetro puede ser afectado por los iones disueltos en el agua que provienen de la alimentación de los peces o de la formación de iones nitrogenados; no obstante, la conductividad no especifica información sobre concentraciones de nutrientes individuales, pero es un indicador de la cantidad de nutrientes, además de relacionarse con otros parámetros como el pH y las concentraciones de nitrato, nitrito y amonio. Si el pH es alcalino en el sistema, significa que aumentó la concentración de estos iones.

**pH.** El valor de esta variable sobrepasa los valores de referencia (Cuadro 1), sin embargo, los peces y plantas se desarrollaron satisfactoriamente. El valor del pH puede estar influenciado por el aumento de concentraciones de  $\text{NO}_3^-$ . El  $\text{NH}_4^+$  es una forma reducida del nitrógeno con aportes de iones hidrógenos, mientras más se oxide el  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$  el pH aumentará, alcalinizando el medio, debido a la disminución de iones de hidrógeno. Otro elemento importante que se relaciona al pH es la conductividad eléctrica, que puede

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

modificar los valores del pH por la presencia de iones en el agua como  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{Na}^+$ , provenientes de la alimentación de los peces, y que se disuelven rápidamente.

Krastanova *et al.* (2022), proponen un rango ideal entre 6 y 8, dado que las bacterias nitrificantes pueden ejercer la oxidación satisfactoriamente. Coral (2015), propone rangos entre 7 y 9 considerando presencia de carbonatos que fomentan la alcalinidad en el agua. Simón y Trelles, (2014), registraron rangos de pH entre 7.5 y 8 que permiten el crecimiento de las plantas y la disponibilidad de nutrientes; estos valores son cercanos al obtenido en este estudio, por lo que se considera aceptable para el funcionamiento normal del sistema.

**Demandia bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO5).** La DBO5 es un indicador de la materia orgánica en el agua (Rodríguez, 2020). En el Cuadro 1 se indican los valores de la DBO5, mostrando una reducción de 7.75 mg l<sup>-1</sup> (inicial) a 2.46 mg l<sup>-1</sup> (final). La DBO5 es la cantidad de oxígeno necesario para que los microorganismos degraden la materia orgánica en el agua (Glynn, 1999). Esto indica que las plantas realizaron intercambio de oxígeno con el agua, que existió retención de materia orgánica en los filtros del sistema, y que la oxigenación fue suficiente para la biodegradación de la materia orgánica.

Deswati *et al.* (2020), propone un valor de referencia menor o igual a 3 mg l<sup>-1</sup> para la DBO5. En el sistema tilapia y tomate, el valor final de la DBO5 (Cuadro 1), nos indica que el sistema posee agua limpia, lo que es característico de un sistema acuaponico bien balanceado, que el filtro biológico y las plantas absorben eficientemente los nutrientes, y que los peces no generan excesos de residuos acumulables.

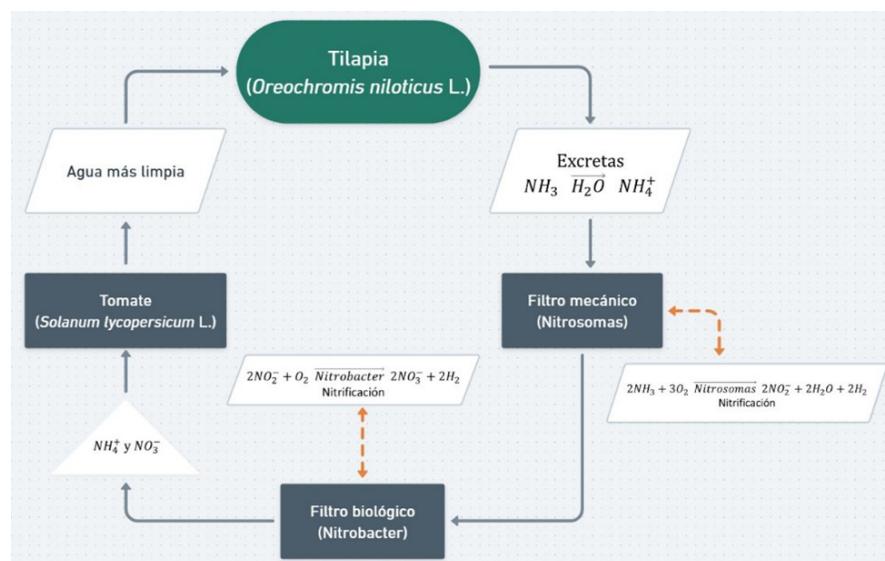
**Cuadro 1.** Parámetros físicos y químicos y valores de referencia

Parámetros	Resultado	Valores de referencia	Referencia
Amonio ( $\text{NH}_4^+$ )	1.79 mg l <sup>-1</sup>	< 0.25 mg l <sup>-1</sup>	Masabni y Sink, (2020)
Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )	0.38 mg l <sup>-1</sup>	$\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$	Masabni y Sink, (2020)
Nitrito ( $\text{NO}_3^-$ )	5.33 mg l <sup>-1</sup>	> 100 mg l <sup>-1</sup>	Masabni y Sink, (2020)
DBO5 inicial	7.75 mg l <sup>-1</sup>		
DBO5 final	2.46 mg l <sup>-1</sup>	< 3 mg l <sup>-1</sup>	Deswati <i>et al.</i> (2020)
Oxígeno disuelto (OD)	3.34 mg l <sup>-1</sup>	> 5 mg l <sup>-1</sup>	Somerville <i>et al.</i> (2014)
Conductividad eléctrica (CE)	902.75 $\mu\text{S cm}^{-1}$	100-2000 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Lopcham, <i>et al.</i> (2025)
Temperatura (T)	28.64 °C	23-25 °C	
pH	8.10	6-7	Krastanova <i>et al.</i> (2022); Coral, (2015); Simón y Trelles, (2014)
Turbidez	54 cm	30 cm	Coral (2015)

DBO5: Oxígeno disuelto en agua a los cinco días,  $\mu\text{S cm}^{-1}$ : microsiemens por centímetro.

**Amonio, nitrito y nitrato.** El  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NH}_3$  presente en las aguas residuales es un producto tóxico que procede de la excreción natural por el metabolismo de los peces. Altas concentraciones frenan el crecimiento en los peces y en las plantas (Zuluaga-González y Martínez-Yáñez, 2017). En cambio, los  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$  son formas oxidadas del nitrógeno; en este caso los nitratos se utilizan como alimento para las plantas. Este proceso es parte del ciclo del nitrógeno en el agua (Krastanova, 2022), como se indica en la Figura 2.

Masabni y Sink (2020), proponen que valores de amonio igual a 1 mg l<sup>-1</sup> y 2 mg l<sup>-1</sup> en aguas con pH de



**Figura 2.** Ciclo del nitrógeno en el sistema acuapónico tilapia – tomate.

8 y 9 y con temperaturas entre 26 °C y 32 °C, generan concentraciones tóxicas de amoníaco con valores de 0.389 mg l<sup>-1</sup>, 0.529 mg l<sup>-1</sup>, 0.779 mg l<sup>-1</sup> y 1.058 mg l<sup>-1</sup>. También sugieren que un sistema acuapónico seguro debe de mantener las concentraciones de amonio inferiores a 0.25 mg l<sup>-1</sup> con temperaturas inferiores a 26 °C. Esta última condición es la que prevaleció en el sistema de tilapia y tomate (Cuadro 1), lo que evitó la generación de altas concentraciones de amoniaco.

Con respecto a la variabilidad de los compuestos nitrogenados en los puntos de muestreo, el amonio muestra un comportamiento simétrico con un error casi nulo (Figura 3B). Esto indica que el sistema es alcalino siempre, se comprueba el proceso de nitrificación y que una parte del  $\text{NH}_4^+$  no oxidado se

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

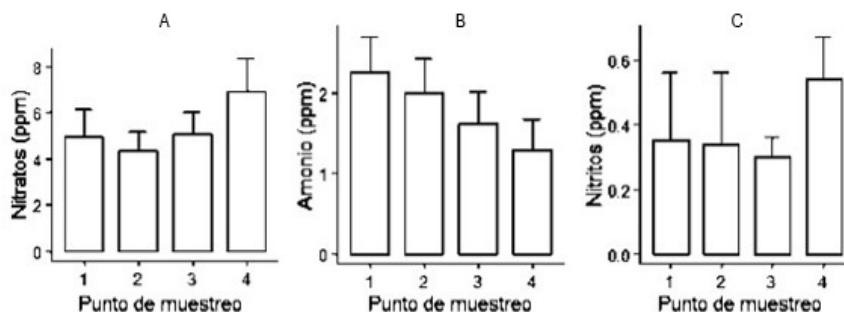


Figura 3. Variabilidad de compuestos nitrogenados en los puntos de muestreo.

absorbe por las plantas; el no absorbido que retorna al punto 1 no acidifica el sistema.

En la Figura 3B la concentración de  $\text{NH}_4^+$ , confirma la oxidación del nitrógeno a nitrato, es descendente desde el punto 1 al 4, en cambio  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NO}_2^-$  (Figura 3A y 3C) se comportan similarmente y se observa variabilidad con un error muy marcado debido a las transformaciones químicas del nitrógeno en agua. Morales (2019), experimentó con albahaca obteniendo datos de concentraciones de sustancias nitrogenadas con un comportamiento parecido al de este estudio.

**Oxígeno disuelto.** Los mecanismos de oxidación están relacionados a la oxigenación del agua y a la actividad de microorganismos; la cantidad de oxígeno disuelto en el sistema es baja (Cuadro 1), sin embargo, fomenta el desarrollo de los organismos (peces, bacterias, plantas). La estabilidad del oxígeno disuelto se corrobora con el descenso de la demanda bioquímica de oxígeno en cinco días que desciende de  $7.75 \text{ mg l}^{-1}$  hasta  $2.46 \text{ mg l}^{-1}$ . Esta oxigenación es el resultado de la oxidación de la materia orgánica, osea que el oxígeno disuelto es suficiente para la degradación de la materia orgánica en el agua y la formación de los  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$ . La disminución de la demanda bioquímica de oxígeno en cinco días también se vincula a las interacciones del filtro mecánico en la retención de materia orgánica. Las plantas también tienen su influencia en la oxigenación por intercambio de oxígeno entre la raíz y el agua.

El oxígeno disuelto es un parámetro importante en la valoración de la calidad del agua; niveles bajos pueden provocar estrés en los peces, mal funcionamiento del biofiltro nitrificante y disminución en las poblaciones de peces (Espinal y Matulić, 2020).

En Nicaragua no se tiene marco de referencia de los valores para la demanda bioquímica de oxígeno en cinco días en sistemas acuapónicos sin recambio de agua; sistema que permite un uso eficiente del recurso hídrico, por lo tanto, el dato registrado en este sistema, representa un valor de referencia.

En acuaponia, se recomienda un nivel de oxígeno disuelto mayor a  $5 \text{ mg l}^{-1}$  (Somerville *et al.*, 2014).

Concentraciones de oxígeno disuelto de  $3 \text{ mg l}^{-1}$  o menos son estresantes, y por debajo de  $2 \text{ mg l}^{-1}$  pueden ser mortales. El requisito general para tilapias es que el valor no sea inferior a  $3 \text{ mg l}^{-1}$  en un período de 30 días (Masabni y Sink, 2020).

El oxígeno disuelto promedio registrados en el estanque (3.31) y en la salida de agua de los canales hidropónicos (3.55) muestra poca variabilidad, sin embargo, ambos valores son inferiores al valor de referencia, pero sin afectaciones

en los peces y las plantas, posiblemente a las poblaciones de peces y plantas, la capacidad del estanque y al flujo del agua.

Sánchez *et al.* (2024), en un estudio de sistemas acuapónicos con lechuga, obtuvo valores promedios a  $7.4 \text{ mg L}^{-1}$  de oxígeno disuelto, pero con curvas de decaimiento no especificadas en sus resultados y que solo evidencian la cantidad de oxígeno en los puntos seleccionados, en cambio, el valor obtenido en este estudio verificó el intercambio de oxígeno entre la planta y el agua para sustentar la vida en el estanque de peces y reducir los recambios de agua, evidenciando el reciclaje de agua en el sistema.

**Correlación de parámetros fisicoquímicos por punto de muestreo.** El análisis de componente principal (ACP) permitió correlacionar los parámetros químicos entre los puntos de muestreo, con una expresión del 80 % de las observaciones.

Este análisis demuestra que el 83.2 % de la variación en la calidad del agua del sistema acuapónico se explica por dos componentes (compuestos nitrogenados y pH), indicando que una gradiente funcional en el proceso de nitrificación es esencial para el crecimiento del tomate (Figura 4).

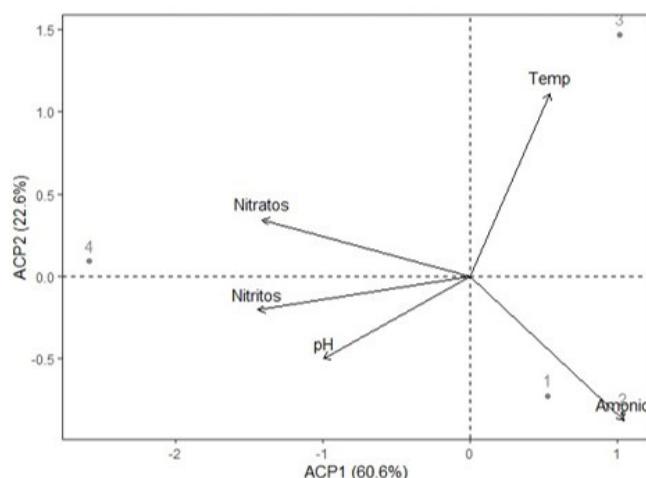


Figura 4. Relación de parámetros fisicoquímicos en el sistema acuapónico tilapia - tomate por puntos de muestreo.

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

El ACP1 (60.6 %) establece un fuerte contraste entre las zonas de carga de desechos (alta concentración de amonio en los puntos 1 (estanque de peces), punto 2 (filtro mecánico) y las zonas de asimilación de nutrientes que muestra alta concentración de nitratos en el punto 4. Agronómicamente, la salida de agua de los canales hidropónicos que retornan al estanque, es el ambiente óptimo para que el cultivo tenga el nitrógeno en su forma más asimilable. Por otro lado, la temperatura no tiene correlación cercana a ningún otro parámetro, pero tiene asociación al filtro biológico.

### CONCLUSIONES

La reutilización del agua es eficiente, existe oxigenación y disminución de la DBO<sub>5</sub>, oxidación de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a nitrato, y no

hay acidificación ni alcalinización extrema en el sistema. Se evidencia el ciclo del nitrógeno por la remoción de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> y NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. El sistema produce oxígeno y realiza intercambio entre plantas y agua demostrando eficiencia del sistema en las condiciones operadas.

El valor de la demanda biológica de oxígeno en 5 días (5.10 mg l<sup>-1</sup>), para esta investigación es un aporte significativo ya que no existen valores de referencia para sistema acuapónico en climas tropicales del pacífico nicaragüense.

El sistema acuapónico demuestra capacidad de reúso del agua para la producción de peces y plantas. En este sentido la acuaponía, se sugiere como alternativa viable en la producción sostenible de alimentos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brown, T. L., LeMay, H. E., & Bursten, B. E. (2002). *Chemistry: The central science*. Pearson.
- Cárdenas Chambilla, G. J., Alarcón Quispe, V. A. J. y Rivera Herrera, H. J. (2025). Sistema de monitoreo remoto y control automatizado del sistema acuapónico. *Ingeniería Investiga*, 7, 1-15. <https://doi.org/10.47796/ing.v7i00.1164>
- Cirelli, A. F. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química viva*, 11(3), 147-170. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40155-la-agenda-2030-objetivos-desarrollo-sostenible-oportunidad-america-latina-caribe>
- Coral, D. (2015). *Diseño de un sistema acuapónico en la Unidad de Agricultura Orgánica*, Zamorano, Honduras [Tesis de Licenciatura, Universidad Zamorano]. Biblioteca Digital. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/bedeabc1-3ec7-4bd9-aa0a-8c38a0a0e1c5/content>
- Deswati, D., Safni, S., Khairiyah, K., Elsa, Y., Yulizar, Y., & Hilfi, P. (2020). Biofloc technology: water quality (pH, temperature, DO, COD, BOD) in a flood & drain aquaponic system. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 102(18). <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1817428>
- Espinal, C. A., & Matulić, D. (2020). Recirculating aquaculture technologies. En S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen, & G. M. Burnell (Eds.), *Aquaponics food production systems: Combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future* (pp. 35–76). Springer Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6_3)
- Glynn, J. (1999). *Ingeniería ambiental* (2.<sup>a</sup> ed.). Prentice Hall.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2023). *Meteorología*. <https://www.ineter.gob.ni/met.html>
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2015). *Variedad de Tomate INTA JL5*. <https://inta.gob.ni/wp-content/uploads/2023/11/Tomate-INTA-JL5.pdf>
- Krastanova, M., Sirakov, I., Ivanova-Kirilova, S., Yarkov, D. y Orozova, P. (2022). Sistemas acuapónicos: Parámetros biológicos y tecnológicos. *Biología y Equipos Biotecnológicos*, 36(1), 305-316. <https://doi.org/10.1080/13102818.2022.2074892>
- Lopchan Lama, S., Marcelino, K. R., Wongkiew, S., Surendra, K. C., Hu, Z., Lee, J. W., & Khanal, S. K. (2025). Recent Advances in Aquaponic Systems: A Critical Review. *Reviews in Aquaculture*, 17(3), e70029. <https://doi.org/10.1111/raq.70029>
- Márquez-Couturier, G. y Vásquez-Navarrete, C. J. (2015). Empoderamiento de las organizaciones sociales en el cultivo de pejelago (Atractosteus tropicus) en el sureste de México. *Agroproductividad*, 8(3), 38–43. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/659/527>
- Masabni, J., & Sink T. (2020). *Water quality in aquaponics*. <https://extension.rwfm.tamu.edu/wp-content/uploads/sites/8/2020/10/Water-Quality-In-Aquaponics-Sink-Masabni.pdf>
- Matos, T., Martins, M. S., Henriques, R., & Goncalvez, L. M. (2024). A review of methods and instruments to monitor turbidity and suspended sediment concentration. *Journal of Water Process Engineering*, 64, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.105624>
- Morales, A. (2019). *Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico prototípico, aplicado a tilapia gris (Oreochromis niloticus) y albahaca (Ocimum basilicum)* [Tesis de Ingeniería, Universidad de Alicante]. Repositorio Institucional UNFV. <https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/4126/MORALES%20HUAMAN%20ANGEL%20HUMBERTO%20-%20TITULO%20PROFESIONAL%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, Y. (2020). *Evaluación de un filtro biológico y un sistema hidropónico de lechuga (Lactuca sativa) para el tratamiento de las aguas residuales de un sistema de recirculación acuícola para la producción de tilapia (Oreochromis niloticus)* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica]. Repositorio SIBDI-UCR. <https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/items/9277f1db-fbcb-452d-8b2d-f1b027286a92>

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

- Saavedra Martínez, M. A. (2006). *Manejo del cultivo de tilapia*. CIDEA. <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>
- Sánchez-Morales, D. J., Rubiños-Panta, J. E., Crespo-Pichardo, G., Mendoza-Pérez, C., Pérez-Ávila, M. de L., Peralta-Inga, M., & Rubiños-Hernández, C. E. (2024). Evaluación del sistema acuapónico de pequeña escala para la producción de tilapia y lechuga. *Tierra Latinoamericana*, 42. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.2020>
- Simón, E. W. M., & Trelles, A. Z. (2014). Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa*) con efluentes de cultivo de tilapia. *REBIOL*, 34(2), 60–72. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbiol/article/view/770>
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stanku, A., & Lovatelli, A. (2014). *Small-scale aquaponic food productio: Integrated fish and plant farming*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i4021e>
- Zuluaga-González, N. A., & Martínez-Yáñez, R. (2017). Capacidad de absorción de amonio de plantas acuáticas como filtros biológicos en sistemas acuapónicos. *Jóvenes en la ciencia*, 3(2), 112–116. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1685>

# CIENCIA DE LAS PLANTAS

## Control biológico de *Radopholus similis* (Cobb) Thorne mediante el uso de bacterias y hongos endófitos en *Musa paradisiaca* L.

### Biological Control of *Radopholus similis* (Cobb) Thorne Using Endophytic Bacteria and Fungi in *Musa paradisiaca* L.

Markelyn Rodríguez-Zamora<sup>1</sup>, Juan Carlos Morán Centeno<sup>2</sup>, Jorge Ulises Blandón-Díaz<sup>3</sup>, Alfonso Martinuz<sup>4</sup>

<sup>1</sup> MSc. Sanidad Vegetal, Dirección de Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional Agraria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6826-1897> / markelyn.rodriguez@ci.una.edu.ni

<sup>2</sup> MSc. Agroecología y Desarrollo Sostenible, Dirección de Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional Agraria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6135-7271> / juan.moran@ci.una.edu.ni

<sup>3</sup> PhD. Fitopatología, Dirección de Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional Agraria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7904-8853> / ulisesdb@ci.una.edu.ni

<sup>4</sup> PhD. Agricultural Sciences Enfases Nematology and Plant Protection, Investigador independiente. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3311-6646> / alfonsomartinuz@gmail.com

Autor de correspondencia: markelyn.rodriguez@ci.una.edu.ni



#### RESUMEN

El plátano (*Musa* spp), es un cultivo de importancia económica en Nicaragua por su consumo interno como para su exportación. El presente estudio evaluó el efecto de la combinación de cepas endofíticas de *Bacillus subtilis* (B1 y B2), *Bacillus cereus*, *Pseudomonas* sp. y *Saccharomyces* sp., aisladas de raíces de plátano, como una alternativa biológica para el manejo de *Radopholus similis*, para ello se efectuó un diseño completo al azar, mediante inoculaciones simples, combinadas de bacterias y hongos en vitroplantas del cultivar CEMSA ¾. Se cuantificó el porcentaje de penetración del nematodo y porcentaje de control, se empleó una transformación arcoseno, para homogenizar varianza y se aplicó análisis de varianza y separaciones de media por Tukey (0.05). Las inoculaciones simples de *Saccharomyces* sp, y el testigo reflejaron una mayor tasa de penetración del nematodo. En cuanto al porcentaje de control lo presentaron las inoculaciones combinadas *Bacillus cereus* + *Pseudomonas* sp + *Saccharomyces* sp + *Bacillus subtilis* (B1), *Bacillus subtilis* (B2) + *Pseudomonas* sp + *Saccharomyces* sp, así como *Bacillus subtilis* (B2) + *Pseudomonas*

#### ABSTRACT

Plantain (*Musa* spp.) is a crop of major economic importance in Nicaragua, both for domestic consumption and for export. The present study evaluated the effect of combining endophytic strains of *Bacillus subtilis* (B1 and B2), *Bacillus cereus*, *Pseudomonas* sp., and *Saccharomyces* sp., isolated from plantain roots, as a biological alternative for the management of *Radopholus similis*. A completely randomized design was employed, using single and combined inoculations of bacteria and fungi in vitroplants of the cultivar CEMSA ¾. The percentage of nematode penetration and the percentage of control were quantified. An arcsine transformation was applied to homogenize variances, followed by analysis of variance and mean separation using Tukey's test (0.05). Single inoculations of *Saccharomyces* sp. and the control treatment showed the highest nematode penetration rates. Regarding to the control percentage, the highest values were obtained with the combined inoculations composed by *Bacillus cereus* + *Pseudomonas* sp. + *Saccharomyces* sp. + *Bacillus subtilis* (B1), *Bacillus subtilis* (B2) + *Pseudomonas* sp. + *Saccharomyces* sp., as well as *Bacillus*

Recibido: 16 de septiembre del 2025  
Aceptado: 12 de diciembre del 2025



Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo donald.juarez@ci.una.edu.ni

© Copyright 2025. Universidad Nacional Agraria (UNA).

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

sp + *Saccharomyces* sp., al igual que *Bacillus subtilis* (B2) y *Saccharomyces* sp + *Bacillus subtilis* (B1) redujeron las poblaciones de nematodos hasta en un 83 %; las inoculaciones con *Bacillus cereus* + *Pseudomonas* sp + *Saccharomyces* sp + *Bacillus subtilis* (B2), *Bacillus cereus* + *Pseudomonas* sp + *Saccharomyces* sp + *Bacillus subtilis* (B1) presentaron la mayor altura. Las inoculaciones combinadas mejoran la eficiencia en el control de *Radopholus similis* siendo una alternativa sostenible y amigable con el ambiente.

**Palabras clave:** endofíticos, biomasa, biocontrol, promotores de crecimiento, vitroplantas.

*subtilis* (B2) + *Pseudomonas* sp. + *Saccharomyces* sp. Similarly, *Bacillus subtilis* (B2) alone and the combination of *Saccharomyces* sp. + *Bacillus subtilis* (B1), reduced nematode populations by up to 83%. The inoculations of *Bacillus cereus* + *Pseudomonas* sp. + *Saccharomyces* sp. + *Bacillus subtilis* (B2) and *Bacillus cereus* + *Pseudomonas* sp. + *Saccharomyces* sp. + *Bacillus subtilis* (B1) resulted in the greatest plant height. Combined inoculations improved the efficiency of *Radopholus similis* control, representing a sustainable and environmentally friendly alternative.

**Keywords:** Endophytic microorganisms, biomass, biocontrol, growth promoters, vitroplants.

**E**l cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.), en Nicaragua constituye un componente esencial en la dieta de la población nicaragüense, desempeñando un papel clave en la generación de empleos directos e indirectos en los departamentos de Rivas y Chinandega, donde se concentra la mayor producción. En términos económicos, en el año 2022, el cultivo de plátano aportó 18.2 millones de dólares a la economía nacional, experimentando un crecimiento del 21.8 % en valor y del 6.6 % en volumen, en comparación con el año anterior (Ministerio Agropecuario [MAG], 2025, párr. 1).

Una de las limitantes en la producción de plátano es las afectaciones causadas por el nematodo *Radopholus similis*, endoparásito migratorio que afecta el sistema radicular mediante su estilete (estructura que usa para alimentarse), provocando el volcamiento de la planta; cuando esta se encuentra en estados de floración reduce severamente el peso del racimo y la vida útil de la plantación (Araya y Vargas, 2018; Bechem *et al.*, 2018); así mismo afecta directamente a través de sus complejas interacciones con otros patógenos que perturban directamente al cultivo al realizar lesiones en las raíces; dañando la morfología de la raíz (Roth *et al.*, 2019; Parrado y Quintanilla, 2024). Uno de los factores en el comportamiento de los nematodos es el tipo de alimentación, sus secreciones dependen del tipo de célula, que definen los cambios fisiológicos en la planta (Kumar y Yadav, 2020).

Para el manejo de las afectaciones por nematodos, se han implementado diversas alternativas de control, siendo el uso de nematicidas fumigantes y no fumigantes, una estrategia eficaz, pero que plantea riesgos en el ambientales y la salud humana. *Radopholus similis* sigue siendo una amenaza en los sistemas de producción de plátano (Mostafa *et al.*, 2019). Como alternativa para minimizar la carga química de los sistemas agrícolas donde se cultiva plátano, el uso de hongos y bacterias endofíticas ofrece una estrategia sostenible económicamente viable para el control de *Radopholus similis*.

Los microorganismos endofíticos son organismos simbióticos que colonizan los tejidos vegetales que inducen

a resistencia sistémica en su huésped y promueven la absorción de nutrientes; esto los convierte en alternativas sostenibles al minimizar el uso de nematicidas fumigantes y no fumigantes (Kumar y Dara, 2021). Estudios refieren que los endófitos producen metabolitos secundarios como flavonoides, péptidos, quinonas, alcaloides, esteroides, fenoles, terpenoides y policetona, que al entrar en contacto con los nematodos causan la muerte o repelen directamente la patogenicidad o reproducción de estos. lo mismo (Fadiji y Babalola, 2020).

Los hongos y bacterias endofíticas reducen entre 53 % y 76 % la mortalidad de infectivos juveniles de nematodos fitoparásitos y entre 70 % y 81 % repelen los infectivos juveniles al momento de la penetración en el sistema radicular (Vetrivelkalai, 2019). Así mismo inoculaciones combinadas de los siguientes géneros *Pantoea agglomerans*, *Cedecea davisiæ*, *Enterobacter* spp., y *Pseudomonas putida* redujeron la penetración temprana de *Meloidogyne incognita* en las raíces del tomate hasta en un 56 % cuando se aplicaron como tratamiento a las semillas (Munif *et al.*, 2019).

Las cepas pertenecientes a los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Saccharomyces* sp han sido reconocida por su uso en consorcio y ha demostrado la capacidad de controlar a los nematodos fitoparásitos (Khabbaz *et al.*, 2019); antagonizando directamente a los nematodos con la segregación de metabolitos secundarios y proteínas que inhiben físicamente su movimiento (Proenca *et al.*, 2019). Además de su capacidad en solubilizar compuestos como fósforo y potasio que promueven el crecimiento vegetal fortaleciendo directamente a la planta en contra del ataque de nematodos fitoparásitos (Raymaekers *et al.*, 2020).

El uso de hongos y bacterias endofíticas en inoculaciones combinadas y simples son soluciones prometedoras en el control biológico de nematodos fitoparásitos. Este estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la bacterias y hongos endofíticos nativas de raíces funcionales de plátano sobre el control de *Radopholus similis* y la promoción de crecimiento en vitroplantas de plátano, cultivar CEMSA <sup>3/4</sup>.

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

## MATERIALES MÉTODOS

**Ubicación del sitio y material experimental.** El estudio se realizó en un invernadero de 300 m<sup>2</sup> ubicado en la Universidad Nacional Agraria (UNA), en Managua, capital de Nicaragua, ubicada a 12° 08' 52" de latitud Norte y 86° 09' 41" de longitud Oeste. El período del experimento fue de septiembre a diciembre del 2024. Las bacterias fueron dos aislados de *Bacillus subtilis* (B1 y B2), una cepa de *Bacillus cereus* y *Pseudomonas* sp, así como del hongo *Saccharomyces* sp., colectados de raíces funcionales de plantaciones comerciales de plátano del departamento de Rivas. Estos aislados mostraron antagonismo con *Radopholus similis* en ensayos *in vitro* por lo que fueron considerados en inoculaciones simples y combinadas (Cuadro 1) en vitroplantas del cultivar de plátano CEMSA ¾ con seis semanas de aclimatación en un sombreadero.

**Diseño experimental.** Se estableció un arreglo unifactorial en diseño completo al azar (DCA) con 16 tratamientos y cinco repeticiones, para un total de 80 unidades experimentales; cada unidad experimental estuvo representada por una planta. Por cada tratamiento se utilizaron cinco plantas establecidas en macetas de 11 cm de diámetro y 9.7 cm de altura, con un volumen de suelo de 754 gramos.

**Preparación de los inóculos de los agentes bacterianos.** Los aislados bacterianos se cultivaron por separado en placas de agar nutritivo por un periodo de tres días a temperatura ambiente 28 °C. Las unidades formadoras de colonias (UFC), se separaron del medio de cultivo agregando 10 ml de agua destilada estéril, raspando suavemente la superficie con un asa bacteriológica de plástico estéril (Chaves *et al.*, 2009). La suspensión se filtró a través de una gasa estéril en un vaso de precipitado previamente esterilizado. Las concentraciones celulares, se ajustaron a UFC mediante escala McFarland a una concentración de 1x10<sup>8</sup> UFC ml<sup>-1</sup> (Gattoni *et al.*, 2023). Para las inoculaciones duales y combinadas se añadió 50:50 de cada suspensión individual, según cada tratamiento (Cuadro 1).

## Variables evaluadas

**Penetración de nematodos.** Se realizaron cuatro inoculaciones individuales, siete duales, cuatro combinadas y un control (Cuadro 1), que consistió en la aplicación de una solución con los nematodos. Los inóculos de

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Tipo de inoculación
T1	<i>Bacillus subtilis</i> (B1)	
T2	<i>Bacillus subtilis</i> (B2)	Individual
T3	<i>Pseudomonas</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	
T4	<i>Pseudomonas</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	
T5	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	
T6	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	Dual
T7	<i>Saccharomyces</i> sp + <i>Pseudomonas</i> spp	
T8	<i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	
T9	<i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	
T10	<i>Bacillus subtilis</i> (B1) + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp	
T11	<i>Bacillus subtilis</i> (B2) + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp	
T12	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	Combinada
T13	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	
T14	<i>Bacillus cereus</i>	Individual
T15	<i>Saccharomyces</i> sp	
T16	Testigo	Solución con nematodos

nematodos se obtuvieron de una población de *Radopholus similis* previamente de la cría de un cultivo monoxénico de *Radopholus similis* que crecieron en tres discos de zanahoria (*Daucus carota L.*). Dos semanas después, cada plántula fue inoculada con una población mixta de 500 nematodos juveniles, hembras y machos, realizando tres orificios a una profundidad entre 2 cm y 3 cm alrededor de la base del pseudotallo.

A los siete días después de la inoculación de los nematodos, las plantas se retiraron de las macetas y los nematodos fueron aislados de las raíces mediante el método de maceración y tamizado. La suspensión obtenida se cuantificó utilizando dos alícuotas (muestras) de 2 ml en una gradilla de conteo bajo microscopía de luz, con lo que se estimó el número de nematodos por gramo de raíz fresca (Mendoza *et al.*, 2009). La eficiencia de penetración (EP) de *Radopholus similis* se calculó conforme a la fórmula descrita por Zum Felde *et al.* (2006).

$$\%EP = \frac{\text{Número de nematodos en el sistema radicular}}{\text{Número de nematodos inoculados}} \times 100$$

**Control biológico (%).** A las ocho semanas después de la inoculación de los nematodos se determinó el porcentaje de control, siguiendo la metodología descrita por Araya, (2002). La cuantificación de *Radopholus similis* se estimó sobre la base del número total de nematodos en 10 g de raíces por planta. La eficacia de control biológico fue evaluada mediante la fórmula de Chaves *et al.* (2009).

$$\%CB = \frac{\text{Número de nematodos en el sistema radicular tratado}}{\text{Número de nematodos del control con solo nematodos}} \times 100$$

Para registrar el número de nematodos en el sistema radicular tratado en los 10 gramos de raíz, se contabilizaron el

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

total de nematodos en una alícuota de 1 ml de la solución de nematodos extraído por el método de maceración y tamizado, usando una cámara de conteo de nematodos mediante microscopía de luz.

### Crecimiento de vitroplantas

**Altura planta (cm).** Se midió con una regla desde la base del pseudotallo al traslape de la hoja 1 y 2.

**Diámetro del pseudotallo (mm).** Se cuantificó con la ayuda de un vernier digital a dos centímetros de la base del pseudotallo.

**Peso fresco raíz (g).** En cada planta se separó con un bisturí las raíces del pseudotallo, para registrar su peso con una balanza digital Ohaus de 0.01 g a 4 000 g.

**Peso fresco foliar (g).** Se separaron las hojas y se pesaron con la misma balanza digital que se usó para determinar el peso fresco de raíz.

**Peso fresco total.** Se registró el peso total de la planta (hoja, pseudotallo y raíz) con la misma balanza digital que se usó para determinar el peso fresco de raíz.

**Análisis de datos.** Para comprobar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, se empleó transformación con la función arcoseno para el porcentaje de penetración y control biológico, luego se realizó un análisis de varianza (ANDEVA). Al encontrar diferencias estadísticas, se compararon las medias a través de la prueba de diferencias mínimas de Tukey con un margen de error del 5 %, empleando el Software R versión 4.5.2 (R Core Team, 2025).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Total de nematodos y penetración (%).** Se presentan diferencias estadísticas en el número total de nematodos y en el porcentaje de penetración en las raíces (Cuadro 2), también se observa que en la medida que disminuye la población total de nematodos, existen menores porcentajes de penetración, lo que indica una eficacia en el control de *Radopholus similis*.

El tratamiento a base de *Saccharomyces* sp., presentó mayor número total de nematodos, lo que indica que, aplicado de manera aislada, no reduce significativamente las poblaciones, al no lograr reducir la penetración ni su población final, mostrando valores similares al testigo. Este resultado demostró que *Saccharomyces* sp, no poseen mecanismos suficientes para reducir el proceso de invasión o establecimiento de *Radopholus similis*.

Los tratamientos más efectivos tanto para el número total como para el porcentaje de penetración corresponden a aquellos conformados solo por *Bacillus subtilis*, combinados entre sí o combinado con *Pseudomonas* sp. Estos tratamientos reducen la penetración y el establecimiento del nematodo en las raíces, lo que sugiere que *Bacillus*, en especial *Bacillus subtilis*, posee mecanismos que limitan tanto la invasión como la multiplicación de este nematodo, lo que lo clasifica como un biocontrolador de nematodos fitoparásitos.

*Bacillus subtilis* es una bacteria que logra reducir el número de infectivos juveniles de nematodos en el sistema radicular, ya que produce metabolitos como lipopéptidos y proteasas que tienen un efecto nematicida, lo que afecta la capacidad de penetración (Jiang *et al.*, 2021, Patil *et al.*, 2019).

**Cuadro 2.** Total de individuos y porcentaje de penetración de *Radopholus similis* a los siete días después de la inoculación

Tratamiento	Descripción de los tratamientos	Total de nematodos	Penetración (%)
T15	<i>Saccharomyces</i> sp	36 a	7 ab
T16	Testigo	32 ab	8 a
T12	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	30 abc	6 bc
T10	<i>Bacillus subtilis</i> (B1) + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp	26 bcd	5 cde
T11	<i>Bacillus subtilis</i> (B2) + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp	26 bcd	5 cde
T2	<i>Bacillus subtilis</i> (B2)	24 bcd e	5 cde
T8	<i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	24 bcd e	5 cde
T13	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp / <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	24 bcd e	5 cde
T14	<i>Bacillus cereus</i>	22 cde	5 cde
T4	<i>Pseudomonas</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	23 cde	5 cde
T9	<i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	23 cde	6 bcd
T7	<i>Saccharomyces</i> sp + <i>Pseudomonas</i> spp	21 de	5 cde
T6	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	21 de	4 de
T3	<i>Pseudomonas</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	19 de	4 de
T5	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	19 de	4 de
T1	<i>Bacillus subtilis</i> (B1)	18 e	3 e
<i>p</i> ≤ 0.05		<i>p</i> = 0.0001	<i>p</i> = 0.0001

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente al 95 % de confianza.

Las combinaciones múltiples entre *Bacillus*, *Pseudomonas* spp., y *Saccharomyces* sp., presentaron eficacia intermedia, lo que podría ocurrir debido a interacciones negativas entre estos microorganismos que disminuyen su acción antagónica, sin embargo, Sikora *et al.* (2010); Reimann *et al.* (2008), determinaron que las combinaciones de hongos y bacterias reducen la penetración de *Radopholus similis* en comparación con aplicaciones individuales; información similar fue publicada por Martínez *et al.* (2012), quienes indican que la inoculación simple y combinada tienen el potencial de reducir la penetración de nematodos en las raíces de plátano.

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

**Control biológico (%)**. Se obtuvo diferencias estadísticas en el control biológico de *Radopholus similis*, las inoculaciones de *Bacillus cereus* + *Pseudomonas* sp + *Saccharomyces* sp + *Bacillus subtilis* (B1), al igual que *Bacillus subtilis* (B2) + *Pseudomonas* sp + *Saccharomyces* sp., así como *Bacillus subtilis* (B2) + *Pseudomonas* sp + *Saccharomyces* sp., al igual que *Bacillus subtilis* (B2) y *Saccharomyces* sp + *Bacillus subtilis* (B1), redujeron las poblaciones entre 78 % y 83 % (Cuadro 3), se demuestra que las inoculaciones combinadas de bacterias endófitas reducen las poblaciones de *Radopholus similis*.

Los resultados indican que las inoculaciones aisladas, no reducen significativamente las poblaciones de nematodos. Estos resultados indican que *Bacillus subtilis* inoculado de manera aislada no posee mecanismos suficientes para reducir las poblaciones de *Radopholus similis*.

*Bacillus subtilis* es una bacteria gram positiva que produce compuestos bioactivos, incluyendo enzimas, antibióticos y toxinas nematicidas, que degradan la cutícula y afectan la movilidad, el desarrollo y la reproducción de los nematodos (Migunova et al., 2021; Vasanthan-Srinivasan et al., 2025).

*Saccharomyces* sp, aumenta la producción de catalasa y la pectina metil esterasa en raíces de banano reduciendo eficazmente la población de nematodos (Hamouda et al., 2019). los hongos emplean diversas estrategias de control de nematodos entre ellas una amplia variedad de metabolitos secundarios que

**Cuadro 4.** Altura de planta y diámetro del pseudotallo en respuesta a inoculaciones simples y combinadas de hongos y bacterias endofíticas

Tratamiento	Descripción	Diámetro del pseudotallo (mm)	Altura de plántula (cm)
T16	Testigo	7.2 ab	6.3 a
T6	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	6.9 abc	5.8 ab
T13	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	7.4 a	5.7 abc
T7	<i>Saccharomyces</i> sp + <i>Pseudomonas</i> spp	6.9 abc	5.7 abc
T8	<i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	7.1 ab	5.4 bcd
T10	<i>Bacillus subtilis</i> (B1) + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp	6.6 abcd	5.2 bcde
T12	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	7.4 a	5.2 bcde
T15	<i>Saccharomyces</i> sp	6.9 abc	5.1 bcde
T1	<i>Bacillus subtilis</i> (B1)	6.1 cd	5.0 bcdef
T14	<i>Bacillus cereus</i>	6.8 abc	5.0 bcdef
T5	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	6.8 abc	5.4 cdefg
T11	<i>Bacillus subtilis</i> (B2) + <i>Pseudomonas</i> sp / <i>Saccharomyces</i> sp	7.0 abc	4.9 defg
T4	<i>Pseudomonas</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	6.8 abc	4.6 defg
T2	<i>Bacillus subtilis</i> (B2)	6.2 cd	4.4 efg
T3	<i>Pseudomonas</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	6.3 bcd	4.3 fg
T9	<i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	5.7 d	4.2 g

*p* ≤ 0.05

*p* = 0.0001

*p* = 0.0001

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente al 95 % de confianza.

**Cuadro 3.** Control biológico de *Radopholus similis* por microorganismos endofíticos

Tratamiento	Descripción	Biocontrol (%)
T12	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	83 a
T11	<i>Bacillus subtilis</i> (B2) + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp	83 a
T10	<i>Bacillus subtilis</i> (B1) + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp	83 a
T2	<i>Bacillus subtilis</i> (B2)	79 a
T8	<i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	78 a
T15	<i>Saccharomyces</i> sp	75 ab
T14	<i>Bacillus cereus</i>	73 ab
T4	<i>Pseudomonas</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	73 ab
T9	<i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	69 ab
T7	<i>Saccharomyces</i> sp + <i>Pseudomonas</i> spp	67 ab
T13	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Pseudomonas</i> sp / <i>Saccharomyces</i> sp / <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	66 ab
T6	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	65 ab
T3	<i>Pseudomonas</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	64 ab
T5	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	61 ab
T1	<i>Bacillus Subtilis</i> (B1)	59 ab
T16	Testigo	51 b

*p* ≤ 0.05

*p* = 0.0005

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente al 95 % de confianza.

controla nematodos fitoparásitos e induce la resistencia por parte de las plantas (Karajeh, 2013; Pires et al., 2022).

Sikora et al. (2010); Reimann et al. (2008), determinaron que las combinaciones de hongos y bacterias reducen las poblaciones de *Radopholus similis* en comparación con aplicaciones individuales; información similar fue publicada por Quevedo et al. (2021), quienes indican interacciones microbianas que promueven la producción de diversos compuestos activos que favorecen el crecimiento vegetal, así como la atracción, interrupción de la reproducción y depredación de nematodos fitopatógenos.

**Crecimiento de vitroplantas.** Se obtuvo diferencias estadísticas en la altura de las vitroplantas, las inoculaciones de *Bacillus cereus* + *Pseudomonas* sp + *Saccharomyces* sp + *Bacillus subtilis* (B2) y *Bacillus cereus* + *Pseudomonas* sp + *Saccharomyces* sp + *Bacillus subtilis* (B1), presentaron mayor altura respecto al tratamiento *Saccharomyces* sp + *Bacillus subtilis* (B2) (Cuadro 4).

Los organismos endofíticos colonizan los tejidos internos de las plantas, estableciendo relaciones simbióticas que favorecen significativamente las variables de crecimiento como la altura y diámetro del pseudotallo (Santos et al., 2018).

El género *Bacillus* es un promotor del crecimiento vegetativo sintetizando fitohormonas como el ácido indolacético (auxina), que estimula la elongación y división celular; infiriendo de esta forma

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

en el aumento de la altura de las plantas (Karthik *et al.*, 2017; Manohar y Selvarajan, 2018; Yusadi *et al.*, 2025).

El diámetro del pseudotallo presentó diferencias estadísticas. El mayor diámetro lo presentó el testigo respecto al tratamiento *Saccharomyces* sp + *Bacillus subtilis* (B2).

*Bacillus* mejora la absorción de agua y nutrientes, lo que se relaciona directamente con la altura y aumento del diámetro del pseudotallo (Chen *et al.*, 2000; Ruelas-Islas *et al.*, 2023).

**Biomasa de la vitroplantas.** Se presentan diferencias estadísticas en el peso fresco de raíz, hojas y peso fresco total (Cuadro 5). Los tratamientos a base de *Saccharomyces* sp + *Bacillus subtilis* (B1) y *Saccharomyces* sp + *Pseudomonas* spp obtuvieron el mayor peso fresco de raíz. El mayor peso fresco foliar (14.26) y peso fresco total (43.44) se obtiene con el tratamiento a base de *Saccharomyces* sp + *Pseudomonas* spp, lo que indica que inoculaciones con *Bacillus subtilis* (B1) y *Saccharomyces* sp aumentan el peso fresco.

Las inoculaciones simples son poco efectivas para aumentar peso fresco de raíz, peso fresco foliar y peso fresco total (Cuadro 5). Nakkeeran *et al.* (2021) explican que el efecto combinado de bacterias y hongos endófiticos, tienden a desarrollar mayor sistema radical en las plantas. Acaro y Cevallos, (2025), destacan la importancia de las raíces en el soporte de las plántulas y en el transporte de agua y nutrientes desde el suelo hacia la parte aérea.

La asociación de hongos y bacterias endofíticas, tienen efecto directo de manera positiva sobre el crecimiento vegetal de la planta huésped; Sekhar y Thomas, (2015); Souza *et al.* (2017) señalan que estas combinaciones modulan el crecimiento vegetal e inducen resistencia al ataque de patógenos, predominando las clases Actinobacteria,  $\alpha$ -Proteobacteria,  $\gamma$ -Proteobacteria y Firmicutes, ésta última corresponde a un filo de bacteria, mayormente Gram positiva con pared celular robusta.

**Cuadro 5.** Biomasa por efecto de inoculaciones simples y combinadas de hongos y bacterias endofíticos

Tratamiento	Descripción	Peso fresco de raíz (g)	Peso fresco foliar (g)	Peso fresco total (g)
T8	<i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	11.52 a	11.44 abc	37.96 ab
T7	<i>Saccharomyces</i> sp + <i>Pseudomonas</i> spp	11.38 a	14.26 a	43.44 a
T1	<i>Bacillus subtilis</i> (B1)	11.30 ab	12.64 ab	38.20 ab
T5	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	11.28 ab	11.24 abcd	35.52 abc
T13	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	10.60 abc	10.68 abcd	34.64 abcd
T14	<i>Bacillus cereus</i>	10.38 abc	11.14 abcd	34.00 abcd
T6	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	9.94 abcd	11.48 abc	30.40 abcd
T3	<i>Pseudomonas</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	9.78 abcd	8.80 bcd	30.66 abcd
T16	Testigo	9.36 abcd	12.14 ab	37.52 abc
T4	<i>Pseudomonas</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	9.02 abcd	7.44 d	25.44 bcd
T11	<i>Bacillus subtilis</i> (B2) + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp	8.68 abcd	10.82 abcd	29.78 bcd
T10	<i>Bacillus subtilis</i> (B1) + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp	8.22 bcd	8.82 bcd	31.74 abcd
T12	<i>Bacillus cereus</i> + <i>Pseudomonas</i> sp + <i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B1)	8.20 bcd	9.02 bcd	27.62 bcd
T9	<i>Saccharomyces</i> sp + <i>Bacillus subtilis</i> (B2)	7.54 cd	7.72 cd	22.26 d
T15	<i>Saccharomyces</i> sp	7.18 d	9.64 bcd	27.30 bcd
T2	<i>Bacillus subtilis</i> (B2)	7.06 d	7.62 cd	24.84 cd
<i>p</i> ≤ 0.05		<i>p</i> = 0.0001	<i>p</i> = 0.0001	<i>p</i> = 0.0001

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente al 95 % de confianza.

### CONCLUSIONES

La combinación de bacterias y hongos endofíticos inoculados en vitroplantas de plátano, es una alternativa eficaz para la reducción del uso de nematicidas químicos en el manejo del nematodo

*Radopholus similis* y como promotores del crecimiento vegetal, al mejorar la altura de planta, el diámetro del pseudotallo y la producción de biomasa; aunque su éxito depende de la compatibilidad de los microorganismos seleccionados.

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acaro Reyes, B. P. y Cevallos, S. (2025). Hongos asociados al cultivo de banano (*Musa* spp.) con potencial biotecnológico para el desarrollo de inoculantes. *Siembra*, 12(1), e7053. <https://doi.org/10.29166/siembra.v12i1.7053>
- Araya, M. (2002). Metodología utilizada en el laboratorio de nematología de CORBANA S.A. para la extracción de nematodos de las raíces de banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*). *CORBANA*, 28(55), 1–16. <https://www.researchgate.net/publication/288946065>
- Araya, M. y Vargas, R. (2018). Frecuencia y densidades poblacionales de nematodos parásitos en plantaciones comerciales de banano (*Musa AAA*) muestradas en el intermedio madre-hijo y al frente del hijo de sucesión. *CORBANA*, 44(64), 71–96.
- Bechem, E. T., Wapouo, S. F., & Loubana, P. M. (2018). Nematicidal properties of endophytic fungi isolated from some *Musa* species in Cameroon for the management of *Radopholus similis* and *Pratylenchus coffeae*. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 19(4), 1–19. <https://doi.org/10.9734/JABB/2018/45952>
- Chaves, N. P., Pocasangre, L. E., Elango, F., Rosales, F. E., & Sikora, R. (2009). Combining endophytic fungi and bacteria for the biocontrol of *Radopholus similis* and effects on plant growth. *Scientia Horticulturae*, 122(3), 472–478. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.05.025>
- Chen, J., Abawi, G. S., & Zuckerman, B. M. (2000). Efficacy of *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces marquandii*, and *Streptomyces costaricanus* with and without organic amendments against *Meloidogyne hapla* infecting lettuce. *Journal of Nematology*, 32(1), 70–77.
- Fadiji, A. E., & Babalola, O. O. (2020). Elucidating mechanisms of endophytes used in plant protection and other bioactivities with multifunctional prospects. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8, Article 467. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00467>
- Gattoni, K. M., Park, S. W., & Lawrence, K. S. (2023). Evaluation of the mechanism of action of *Bacillus* spp. to manage *Meloidogyne incognita*. *Frontiers in Plant Science*, 13, Article 1079109. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1079109>
- Hamouda, R., Al-Saman, M., & El-Ansary, M. (2019). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* and *Spirulina platensis* on suppressing root-knot nematode *Meloidogyne incognita* infecting banana plants. *Egyptian Journal of Agronematology*, 18(2), 90–102. <https://doi.org/10.21608/EJAJ.2019.52593>
- Jiang, H., Tian, L., Bu, F., Sun, Q., Zhao, X., & Han, Y. (2021). RNA-seq-based identification of potential resistance genes against soybean cyst nematode. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 114, Article 101627. <https://doi.org/10.1016/j.pmp.2021.101627>
- Karajeh, M. R. (2013). Efficacy of *Saccharomyces cerevisiae* on controlling the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 46(20), 2492–2500. <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.799819>
- Karthik, M., Pushpakanth, P., Krishnamoorthy, R., & Senthilkumar, M. (2017). Endophytic bacteria associated with banana cultivars and their inoculation effect on plant growth. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 92(6), 568–576. <https://doi.org/10.1080/14620316.2017.1310600>
- Khabbaz, S.E., Ladhalakshmi, D., Babu, M., Kandan, A., Ramamoorthy, V., Saravanakumar, D., Al-Mughrabi, T., Kandasamy, S. (2019). Plant growth promoting bacteria (PGPB) - A Versatile Tool for Plant Health Management. *Can. J. Pestic. Pest Manag.*, 1(1), 1–25. <https://doi.org/10.34195/can.j.ppm.2019.05.001>
- Kumar, Y., & Yadav, B. C. (2020). Plant-parasitic nematodes: Nature's most successful plant parasite. *Internacional Journal of Research and Review*, 7, 379–386. <https://doi.org/10.22271/ijrr.2020.v7.i3a.1029>
- Kumar, K. K., & Dara, S. K. (2021). Fungal and bacterial endophytes as microbial control agents for plant-parasitic nematodes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), Article 4269. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084269>
- Manohar Jebakumar, R., & Selvarajan, R. (2018). Bioprimer of micropropagated banana plants at pre-or post-BBTV inoculation stage with rhizosphere and endophytic bacteria determines their ability to induce systemic resistance against BBTV in cultivar Grand Naine. *Biocontrol Science and Technology*, 28(11), 1074-1090. <https://doi.org/10.1080/09583157.2018.1514583>
- Martinuz, A., Schouten, A., Menjivar, R. D., & Sikora, R. A. (2012). Effectiveness of systemic resistance toward *Aphis gossypii* induced by endophytes. *Biological Control*, 62(3), 206–212. <https://doi.org/10.1016/j.bioc.2012.05.006>
- Mendoza, A. R., & Sikora, R. A. (2009). Biological control of *Radopholus similis* in banana by combined application of endophytes. *BioControl*, 54(2), 263–272. <https://doi.org/10.1007/s10526-008-9181-x>
- Ministerio Agropecuario. (2025). *Producción de plátano 2022 aportó 18.2 millones de dólares a la economía nacional*. <https://www.mag.gob.ni/index.php/noticias?view=article&id=59:producci%C3%B3n-platano-aporta&catid=11>
- Migunova, V. D., Tomashevich, N. S., Konrat, A. N., Lychagina, S. V., Dubyaga, V. M., D'Addabbo, T., & Asaturova, A. M. (2021). Selection of bacterial strains for the control of root-knot disease caused by *Meloidogyne incognita*. *Microorganisms*, 9(8), Article 1698. <https://doi.org/10.3390/microorganismos9081698>
- Mostafa, D. M., Allah, S. F. A., & Awad-Allah, E. F. (2019). Potential of *Pleurotus sajor-caju* compost for controlling *Meloidogyne incognita* and improving nutritional status of tomato plants. *Journal of Plant Science and Phytopathology*, 2(4). <https://doi.org/10.29328/journal.jpst.1001042>

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

- Munif, A., Herliyana, E. N., & Pradana, A. P. (2019). Endophytic bacterial consortium originated from forestry plant roots and their nematicidal activity against *Meloidogyne incognita* infestation in greenhouse. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67(5). <https://doi.org/10.11118/actaun201967051171>
- Nakkeeran, S., Rajamanickam, S., Saravanan, R., Vanthana, M., & Soorianathasundaram, K. (2021). Bacterial endophytome-mediated resistance in banana for the management of Fusarium wilt. *3 Biotech*, 11(6), Article 267. <https://doi.org/10.1007/s13205-021-02833-5>
- Parrado, L. M., & Quintanilla, M. (2024). Plant-parasitic nematode disease complexes as overlooked challenges to crop production. *Frontiers in Plant Science*, 15, Article 1439951. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1439951>
- Patil, G. B., Lakhssassi, N., Wan, J., Song, L., Zhou, Z., & Klepadlo, M. (2019). Whole-genome re-sequencing reveals the impact of the interaction of copy number variants of the *rhl1* and *Rhg4* genes on broad-based resistance to soybean cyst nematode. *Plant Biotechnology Journal*, 17, 1595–1611. <https://doi.org/10.1111/pbi.13086>
- Pires, D., Vicente, C. S., Menéndez, E., Faria, J. M., Rusinque, L., Camacho, M. J., & Inácio, M. L. (2022). The fight against plant-parasitic nematodes: Current status of bacterial and fungal biocontrol agents. *Pathogens*, 11(10), Article 1178. <https://doi.org/10.3390/pathogens11101178>
- Proença, D. N., Schwab, S., Vidal, M. S., Baldani, J. I., Xavier, G. R., & Morais, P. V. (2019). The nematicide *Serratia plymuthica* M24T3 colonizes *Arabidopsis thaliana*, stimulates plant growth, and shows beneficial potential for plants. *Brazilian Journal of Microbiology*, 50, 777–789. <https://doi.org/10.1007/s42770-019-00098-y>
- Quevedo, A., Vera-Morales, M., Espinoza-Lozano, F., Castañeda-Ruiz, R. F., Sosa del Castillo, D., & Magdama, F. (2021). Evaluation of the predatory activity of *Arthrobotrys oligosporus* strain C-2197 as biocontrol of root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. *Bionatura*, 6(1), 1586–1592. <https://doi.org/10.21931/RB/2021.06.01.22>
- Raymaekers, K., Ponet, L., Holtappels, D., Berckmans, B., & Cammue, B. P. A. (2020). Screening for novel biocontrol agents applicable to plant disease management: A review. *Biological Control*, 144, Article 104240. <https://doi.org/10.1016/j.bioc.2020.104240>
- R Core Team. (2025). *R: A language and environment for statistical computing* (Version 4.5.2) [Computer software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Reimann, S., Hauschild, R., Hildebrandt, U., & Sikora, R. A. (2008). Interrelationship between *Rhizobium etli* G12 and *Glomus intraradices* and multitrophic effects in the biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on tomato. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 115, 108–113. <https://doi.org/10.1007/BF03356249>
- Roth, M. G., Noel, Z. A., Wang, J., Warner, F., Byrne, A. M., & Chilvers, M. I. (2019). Predicting soybean yield and sudden death syndrome development using at-planting risk factors. *Phytopathology*, 109(10), 1710–1719. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-19-0040-R>
- Ruelas-Islas, J. D. R., Peinado-Fuentes, L. A., Romero-Félix, C. S., Mendoza-Pérez, C., Celaya-Michel, H., Preciado-Rangel, P., & Núñez-Ramírez, F. (2023). Role of *Bacillus subtilis* and phosphorus dose on macronutrient concentration, distribution, and uptake in common bean. *Terra Latinoamericana*, 41. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1056>
- Santos, M. L. D., Berlitz, D. L., Wiest, S. L. F., Schünemann, R., Knaak, N., & Fiua, L. M. (2018). Benefits associated with the interaction of endophytic bacteria and plants. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 61, e18160431. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2018160431>
- Sekhar, A. C., & Thomas, P. (2015). Isolation and identification of shoot-tip-associated endophytic bacteria from banana cv. Grand Naine and antagonistic activity against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *American Journal of Plant Sciences*, 6(7), 943–954. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.67101>
- Sikora, R. A., Zum Felde, A., Mendoza, A., Menjivar, R., & Pocasangre, L. (2010). In planta suppressiveness to nematodes and long-term root health stability through biological enhancement: Do we need a cocktail? *Acta Horticulturae*, 879, 553–560. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.879.60>
- Souza, G. L. O. D. D., Silva, D. F. D., Nietsche, S., Xavier, A. A., & Pereira, M. C. T. (2017). Endophytic bacteria used as bioinoculants in micropaginated banana seedlings. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(2), Article e-324. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017324>
- Vasantha-Srinivasan, P., Park, K. B., Kim, K. Y., Jung, W. J., & Han, Y. S. (2025). Role of *Bacillus* species in the management of plant-parasitic nematodes. *Frontiers in Microbiology*, 15, Article 1510036. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1510036>
- Vetrivelkalai, P. (2019). Evaluation of endophytic bacterial isolates against root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tomato under glasshouse condition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(1), 2584–2589.
- Yusadi, H., Pambudi, A., & Effendi, Y. (2025). Molecular and growth responses of *Musa acuminata* var. Barangan post application of beneficial endophytic bacteria. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 30(1), 40–47. <https://doi.org/10.18343/jipi.30.1.40>
- Zum Felde, A., Pocasangre, L. E., Carnizares Monteros, C. A., Sikora, R. A., Rosales, F. E., & Riveros, A. S. (2006). Effect of combined inoculations of endophytic fungi on the biocontrol of *Radopholus similis*. *InfoMusa*, 15(1–2), 12–17.

# CIENCIA DE LAS PLANTAS

## Desinfección y viabilidad *in vitro* de micorrizas arbusculares asociadas a la papa (*Solanum tuberosum L.*) para la escalabilidad de inoculantes nativos de alta pureza

## Disinfection and *in vitro* viability of arbuscular mycorrhizae associated with potato (*Solanum tuberosum L.*) for the scalability of high-purity native inoculants

**Andrea María Zamora Jarquín<sup>1</sup>, Ericka Olmara Cabezas Fonseca<sup>2</sup>, Carlos Ernesto Orozco Noguera<sup>3</sup>, Jael Bildad Cruz Castillo<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> MSc. Plant Production Science / Plant Pathology, Dirección de Ciencias Agrícolas, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3487-9343> / andrea.zamora@ci.una.edu.ni

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo, Dirección de Ciencias Agrícolas, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7096-5359> / ericka.cabezas@ci.una.edu.ni

<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo, graduado de la carrera de Agronomía, Dirección de Ciencias Agrícolas, carloroz26@gmail.com

<sup>4</sup> MSc. Agroecología y Desarrollo Sostenible, Dirección de Ciencias Ambientales y Cambio Climático, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9952-7501> / jael.cruz@ci.una.edu.ni

Universidad Nacional Agraria

Autor de correspondencia: andrea.zamora@ci.una.edu.ni



### RESUMEN

La bioprospección de micorrizas es la búsqueda, identificación y evaluación de hongos micorrícos con características funcionales superiores, para utilizarlos como recursos biológicos en la agricultura o en la restauración ambiental. La utilización de metodologías de desinfección y viabilidad de esporas mejora la bioprospección desarrollando nuevos protocolos de producción de micorrizas basados a mejorar la simbiosis e incrementar propagulos infectivos (esporas, hifas y fragmentos de raíz). El objetivo de este estudio fue desarrollar un protocolo para evaluar la respuesta a la desinfección y germinación *in vitro* de micorrizas nativas aisladas de plantas de papa (*Solanum tuberosum L.*). Las colectas de micorrizas se realizaron en dos fincas en el departamento de Estelí en la zona Norte de Nicaragua cultivadas con papa entre 35 y 50 días de edad de las variedades Picasso, Panamera, Nemphis y Sylvana. Se cuantificó la densidad poblacional y la abundancia relativa de esporas de micorrizas en muestras de suelos e identificó los géneros a través de claves morfológicas. Luego, se cuantificó la colonización de

### ABSTRACT

Mycorrhizal bioprospecting is the search, identification, and evaluation of mycorrhizal fungi with superior functional traits for their use as biological resources in agriculture or environmental restoration. The application of spore disinfection and viability methodologies enhances bioprospecting by enabling the development of new mycorrhiza production protocols aimed at improving symbiosis and increasing infective propagules (spores, hyphae, and root fragments). The objective of this study was to develop a protocol to evaluate the response to disinfection and *in vitro* germination of native mycorrhizae isolated from potato plants (*Solanum tuberosum L.*). Mycorrhizal samples were collected from two farms in the department of Estelí, in northern Nicaragua, cultivated with potato crops aged between 35 and 50 days, corresponding to the cultivars Picasso, Panamera, Nemphis, and Sylvana. Population density and relative abundance of mycorrhizal spores in soil samples were quantified, and the genera were identified using morphological keys. Subsequently, the colonization of typical fungal structures such as

Recibido: 11 de septiembre del 2025  
Aceptado: 15 de diciembre del 2025



Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo donald.juarez@ci.una.edu.ni

© Copyright 2025. Universidad Nacional Agraria (UNA).

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

estructuras fúngicas típicas: hifas, vesículas y arbúsculos en raíces. Finalmente, se determinó la mejor metodología de desinfección de esporas de micorrizas y se definieron los mejores medios de germinación de esporas en diferentes medios de cultivos incubadas a 25 °C por siete días. Los géneros identificados corresponden a *Glomus* spp., *Scutellosporas* spp., y *Gigasporas* spp. La variedad Panamera presentó la mayor densidad de esporas vivas (4.2 esporas en 10 g de suelo), siendo significativamente diferente de Sylvana. El género *Glomus* spp., fue el más abundante (76 %) de esporas en la variedad Picasso. El mayor valor de colonización de hifas se observó en las variedades Picasso (15.27). No se registraron diferencias significativas en la cuantificación de las estructuras arbúsculos y vesículas. Se estudiaron tres metodologías de desinfección de esporas obteniéndose que la metodología 3 a base de Cloramina T más estreptomicina y gentamicina obtuvo un 70 % de esporas del género *Glomus* spp., sin contaminantes de hongos y bacterias cuando crecieron *in vitro* en MS al 50 %. La germinación de esporas ocurrió únicamente en el medio mínimo, con cinco esporas germinadas. El porcentaje de micorrizas arbúsculares en raíces de papa y suelo es muy pobre, lo que indica que el mal manejo de este cultivo al utilizar altos insumos químicos no solo afecta la cantidad de esporas presentes y el número de especies de micorrizas, sino que también la viabilidad de estas para crear simbiosis con la planta.

**Palabras clave:** simbiosis, estructuras micorrícicas, bioprospección, hongos formadores de micorrizas arbúsculares.

hyphae, vesicles, and arbuscules in roots was quantified. Finally, the most effective methodology for mycorrhizal spore disinfection was determined, and the most suitable spore germination media were defined by incubating spores in different culture media at 25 °C for seven days. The identified genera corresponded to *Glomus* spp., *Scutellospora* spp., and *Gigaspora* spp. The Panamera cultivar exhibited the highest density of viable spores (4.2 spores per 10 g of soil), showing significant differences compared with the Sylvana cultivar. The genus *Glomus* spp. was the most abundant (76%) in the Picasso cultivar. The highest value of hyphal colonization was observed in the Picasso cultivar (15.27). No significant differences were recorded in the quantification of arbuscule and vesicle structures. Three spore disinfection methodologies were evaluated, of which methodology 3, based on chloramine T combined with streptomycin and gentamicin, achieved 70% of *Glomus* spp. spores free of fungal and bacterial contaminants when grown *in vitro* on 50% MS medium. Spore germination occurred exclusively in the minimal medium, with five spores germinated. The percentage of arbuscular mycorrhizae in potato roots and soil was very low, indicating that poor crop management practices involving high chemical inputs not only reduce the quantity of spores present and the number of mycorrhizal species, but also compromise their viability to establish symbiosis with the plant.

**Keywords:** Symbiosis, mycorrhizal structures, bioprospecting, arbuscular mycorrhizal fungi.

**L**a papa (*Solanum tuberosum* L.) constituye una fuente de alimentación para los humanos y es un componente esencial en la dieta de los nicaragüenses. Para garantizar la sostenibilidad agrícola y la seguridad alimentaria, es crucial desarrollar alternativas biológicas que permitan optimizar los rendimientos del cultivo, reducir los costos de producción y mitigar el impacto ambiental. En este contexto, la simbiosis micorrícica arbúscular se posiciona como un tema central, ya que la funcionalidad de los hongos formadores de micorrizas arbúsculares (HFMA) son necesarios para contribuir con la salud del suelo y la nutrición vegetal.

A pesar de su importancia, la producción de papa en regiones clave de Nicaragua (Estelí, Jinotega y Matagalpa) enfrenta diversas limitaciones como el uso excesivo de insumos y fertilizantes químicos, problemas fitosanitarios y condiciones climáticas adversas. Este mal manejo intensivo ha provocado una disminución significativa en la presencia y funcionalidad de los HFMA nativos en el suelo, lo que afecta negativamente la capacidad de las plantas para establecer simbiosis, aspecto que disminuye la absorción de nutrientes y la resistencia al estrés (Swaminathan y Verma, 1977).

La bioprospección de hongos formadores de micorrizas arbúsculas se establece como una metodología esencial para identificar y aprovechar las cepas fúngicas locales adaptadas a las condiciones agroecológicas específicas

de una zona determinada; sin embargo, para que este proceso sea efectivo, es necesario superar los desafíos técnicos en el manejo *in vitro* de estos organismos. Específicamente, se requiere la optimización de protocolos para la desinfección de las esporas y la evaluación de su viabilidad, ya que los métodos tradicionales a menudo resultan en altos niveles de contaminación o en una baja tasa de germinación, lo que limita la obtención de propágulos infectivos puros para su multiplicación.

El uso de micorrizas nativas se presenta como una alternativa sostenible. Los HFMA identificados mediante bioprospección no solo mejoran la nutrición mineral de las plantas (especialmente fósforo), sino que también contribuyen a reducir la dependencia de insumos químicos, aumentar el rendimiento y fortalecer la resiliencia del cultivo de papa frente a enfermedades y estrés hídrico (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

Esta investigación tiene como objetivo optimizar métodos de desinfección y germinación de esporas de hongos formadores de micorrizas arbúsculas, para el desarrollo de protocolos de bioprospección *in vitro* que fortalezcan la producción de semilla de papa de alta calidad.

### MATERIALES Y MÉTODOS

**Tipo de investigación.** El presente estudio corresponde a una investigación de tipo experimental, con un enfoque cuantitativo y alcance descriptivo-exploratorio, de acuerdo

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

con las clasificaciones metodológicas estándar (Hernández Sampieri *et al.*, 2014).

**Muestreo de suelo y material vegetal.** El muestreo se realizó en dos fincas productoras de papa en el departamento de Estelí, al Norte de Nicaragua, ubicado a 107 km de su capital Managua. Se muestrearon cuatro lotes: finca Los Córdobas (lote con las variedades Picasso y Panamera) y finca La Fortuna (lote con las variedades Memphis y Sylvana), con edades entre 35 y 50 días. El muestreo se realizó al azar en un área de 50 m<sup>2</sup> en el que se seleccionaron cinco plantas con raíces incluyendo el suelo, todo colectado a una profundidad de 20 cm. La muestra del suelo fue de aproximadamente de 500 gramos.

**Ubicación del estudio.** La optimización de las metodologías de desinfección y germinación de esporas de los HFMA se realizaron en los laboratorios de Nematología, Microbiología, Química y Biología Molecular de la Universidad Nacional Agraria (UNA), localizados en el km 12.5 Carretera Norte, en Managua, en las coordenadas 12°08'36" de latitud Norte y 86° 09'49" de longitud Oeste.

**Extracción e identificación de HFMA en suelo.** Las esporas de hongos formadores de micorizas arbusculares (HFMA) nativas de suelo se extrajeron a través del método de tamizado y decantación propuesto por Gerderman y Nicolson (1963); y el método de centrifugación en sacarosa modificado por Brundrett *et al.* (1996). La extracción consistió en pesar 10 g de suelo adicionándose

100 ml de agua destilada mientras la muestra era agitada manualmente. Después de 30 segundos de sedimentación, el sobrenadante se filtró secuencialmente a través de tamices de 500, 250 y 25

micras y se recolectó en tubos Falcón de 50 ml. La muestra colectada en el tubo se centrifugó a 3 400 rpm durante cinco minutos, se eliminó el sobrenadante y se agregó 15 ml de sacarosa al 70 % (p/v). Luego se centrifugó a 3 400 rpm por cinco minutos, el sobrenadante se pasó por el tamiz de 25 micras y se enjuagó con abundante agua, al final la muestra (esporas con agua) se colectó en una placa de Petri para su visualización en el estereoscopio.

#### Identificación de estructuras micorrícicas en raíces.

Para la identificación de estructuras de hifas, vesículas y arbúsculas de HFMA se utilizó el método de despigmentación

y tinción de raíz modificado por Phillips y Hayman (1970). Se seleccionaron raíces finas de aproximadamente 1 cm de longitud, se lavaron con agua potable y se colocaron en tubos Falcón de 50 ml, se agregó KOH (hidróxido potasio) al 10 % (v/v) y se colocaron en baño maría a 60 °C por 30 minutos. A continuación, se agregó H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (peróxido de hidrógeno) al 10 % (v/v) y se colocó nuevamente en baño maría por 15 minutos, luego se cubrieron con azul de tripano al 0.05 % (p/v) y se colocó en baño maría por 25 minutos; finalmente se lavaron con agua destilada y se les añadió lacto glicerol.

**Desinfección de HFMA.** La desinfección de esporas de HFMA es un paso esencial para eliminar contaminantes superficiales (bacterias y hongos saprófitos). Esto garantiza la esterilidad necesaria para el cultivo monoxénico *in vitro*, permitiendo evaluar la viabilidad de la cepa pura. Para la desinfección, se utilizaron las esporas aisladas de las muestras de suelo. Se compararon tres metodologías de desinfección (Cuadro 1), basadas en los protocolos propuestos por Cranenbrouck *et al.* (2005), Moose (1962). No obstante, debido a la baja abundancia de esporas observada en los géneros *Scutellospora* spp y *Gigaspora* spp durante la cuantificación inicial, el material biológico disponible fue insuficiente para evaluar la metodología tres en estos géneros. Por lo tanto, el tercer protocolo de desinfección se evaluó exclusivamente con esporas del género *Glomus* spp, el que resultó ser el más abundante en las muestras de suelo (con un promedio de 18 esporas por gramo de suelo) y cuya disponibilidad permitió realizar las réplicas experimentales requeridas.

**Cuadro 1.** Metodologías de desinfección de esporas de hongos formadores de micorizas arbusculares

Metodología	Descripción	Géneros de HFMA	Referencia
1	Tween 20 al 0.05 % (1 minuto) + Hipoclorito de sodio al 1 % (2 minutos) + 200 mg l <sup>-1</sup> de estreptomicina (5 minutos)	<i>Glomus</i> spp <i>Scutellospora</i> spp <i>Gigaspora</i> spp	Moose (1962) modificada
2	Tween 20 al 2 % (10 minutos) + Cloramina T al 5 % (10 minutos) + Hipoclorito de sodio al 1 % (2 minutos) + 200 mg l <sup>-1</sup> de estreptomicina (10 minutos)	<i>Glomus</i> spp <i>Scutellospora</i> spp <i>Gigaspora</i> spp	Cranenbrouck <i>et al.</i> (2005) modificada
3	Tween 20 al 2 % (15 minutos) + Cloramina T al 5 % (15 minutos) + Hipoclorito de sodio al 1 % (5 minutos) + 200 mg l <sup>-1</sup> de estreptomicina y 100 mg l <sup>-1</sup> de gentamicina (30 minutos)	<i>Glomus</i> spp	Cranenbrouck <i>et al.</i> (2005) modificada

**Germinación de esporas.** El éxito en la germinación de las esporas está en dependencia del proceso de desinfección. La germinación se evaluó en cuatro medios de cultivo con el fin de comprobar la capacidad de germinación de las esporas de HFMA, los medios de cultivos utilizados son los propuestos por Murashige y Skoog (1962) al 50%; Man, Rogosa y Sharpe (MRS) y el medio mínimo (M) y como control (testigo), el medio Agar Agua.

#### Variables evaluadas

**Densidad poblacional de esporas (número de esporas).** Se registró mediante la cuantificación del número de

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

esporas viables (vivas) y no viables (muertas) por gramo de suelo seco, con categorización por género de HFMA. La cuantificación se realizó inmediatamente después de la extracción de las esporas, a partir de la muestra compuesta por el suelo proveniente del área del sistema radicular de las cinco plantas colectadas por variedad, replicada tres veces. El conteo de esporas y viabilidad se determinó observando las características morfológicas bajo microscopio: las esporas viables se caracterizaron por un citoplasma intacto, denso y granuloso, mientras que las no viables presentaban citoplasma colapsado, vacuolizado o signos de deterioro.

**Abundancia relativa de géneros de HFMA (%).** Se determinó para establecer el perfil taxonómico predominante de la comunidad nativa en los lotes (variedades). Esta variable se calculó como el porcentaje de esporas vivas identificadas para cada género (*Glomus*, *Gigaspora*, *Scutellospora*) con respecto al número total de esporas vivas cuantificadas en la muestra de suelo. La identificación a nivel de género se realizó utilizando las claves morfológicas de la International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM, 2024). El cálculo de la abundancia relativa (% AR) para cada género (i) se realizó según la metodología de cuantificación y caracterización taxonómica propuesta por Schenck y Pérez (1987), utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ARI} = \left( \frac{\text{Número de esporas vivas del género i}}{\text{Número total de esporas vivas en la muestra}} \right) \times 100$$

**Colonización de HFMA (número estructuras micorrícicas en raíces).** Se evaluó en las muestras de raíces, cuantificando la presencia de estructuras fúngicas típicas: hifas, vesículas y arbúsculos. La determinación se realizó mediante observación directa en un microscopio óptico con el objetivo 10X. Previamente, las raíces clarificadas y teñidas se colocaron en un portaobjeto, desde donde se seleccionaron aleatoriamente 10 segmentos de raíz por muestra. Cada segmento fue dividido en 10 fragmentos, resultando en la evaluación de 100 campos microscópicos por muestra. Para cada campo, se cuantificó la cantidad de hifas, vesículas y arbúsculos presentes al momento de la identificación de estructuras micorrícicas. Los datos cuantitativos de estas estructuras se utilizaron posteriormente para el análisis estadístico.

**Desinfección de esporas (%).** El porcentaje de contaminación de las esporas de HFMA se registró para evaluar la efectividad de las diferentes metodologías de desinfección. La evaluación se realizó a los siete días después de la siembra en los medios de cultivo estériles contenidos en las placas de Petri e incubados a 25 °C. Se tomó en cuenta la presencia y desarrollo de contaminantes fúngicos (hongos y levaduras) y bacterianos, cuya fuente se asumió como originada directamente de la superficie de las esporas de

micorrizas establecidas. El porcentaje de contaminación (%) C) para cada metodología se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ C} = \left( \frac{\text{Número de esporas contaminadas}}{\text{Número total de esporas sembradas}} \right) \times 100$$

**Esporas germinadas en los medios de cultivo (%).** La viabilidad de las esporas de HFMA se evaluó registrando el porcentaje de germinación en el medio de cultivo *in vitro*. La evaluación se realizó a los siete días después de la siembra en las placas de Petri, monitoreando visualmente la emergencia del tubo germinativo de las esporas. El porcentaje de germinación (% G) se determinó mediante el conteo de las esporas germinadas con respecto al número total de esporas viables sembradas, siguiendo la metodología base establecida por Gerdemann y Nicolson (1963). La fórmula utilizada fue:

$$\% \text{ G} = \left( \frac{\text{Número de esporas germinadas}}{\text{Número total de esporas germinadas}} \right) \times 100$$

**Análisis de datos.** Las variables densidad poblacional de esporas en el suelo y colonización de HFMA en raíces fueron evaluadas utilizando un modelo lineal simple (análisis de regresión) en el que se consideró a las plantas como efectos aleatorios. El modelo completo consistió en el ajuste de todos los efectos principales e interacciones y se realizó comparaciones múltiples usando la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Todos los análisis fueron realizados con el software estadístico R (R Core Team, 2023). Las variables porcentaje de contaminación y de germinación de esporas se realizó de manera descriptiva por análisis de porcentajes utilizando el programa Excel (2023) de Microsoft Office 365 Empresarial.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Densidad poblacional de esporas (número de esporas).** Se registraron diferencias estadísticas en la densidad poblacional de esporas vivas en función del suelo cultivado con las variedades de papa. El suelo proveniente del lote establecido con la variedad Panamera presentó la mayor densidad de esporas vivas (Figura 1). En cambio, no se registraron diferencias en la cuantificación de las esporas muertas extraídas de los diferentes lotes (Figura 1), sugiriendo que la variabilidad se concentra en las esporas viables.

La mayor densidad poblacional de esporas vivas en el suelo cultivado con la variedad Panamera es un resultado clave que se interpreta como una respuesta específica del hospedero, que favorece la esporulación de los HFMA nativos y que está estrechamente ligada a la composición y cantidad de exudados radiculares liberados por la planta hospedera (Tian *et al.*, 2021; Upadhyay *et al.*, 2022). Se ha documentado que la variación genética entre cultivares

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

influye directamente en los metabolitos secundarios y las señales químicas exudadas por la raíz (Zhao *et al.*, 2020). Es posible que la variedad Panamera libere un perfil de exudados (como flavonoides o ácidos orgánicos específicos) que estimula la esporogénesis (formación de esporas) de las cepas presentes, particularmente las del género *Glomus* spp., el cual fue el más abundante en el estudio. Esta especificidad en la señalización química puede ser el factor determinante detrás del incremento de inóculo viable en este lote.

Alternativamente, esta alta esporulación podría ser vista como un indicativo de estrés en el establecimiento de la simbiosis, en lugar de reflejar una alta eficiencia. El número elevado de esporas puede ser una respuesta fúngica para garantizar la supervivencia ante condiciones ambientales o nutricionales subóptimas (Camenzind *et al.*, 2022; Dube y Dames, 2025), o un bajo suministro de carbohidratos en la raíz (Nehls, 2008). Por lo tanto, aunque la variedad Panamera induce una alta densidad de esporas vivas, la funcionalidad de la simbiosis debe ser verificada mediante la cuantificación de las estructuras de intercambio (arbúsculos) y la respuesta agronómica de la planta.

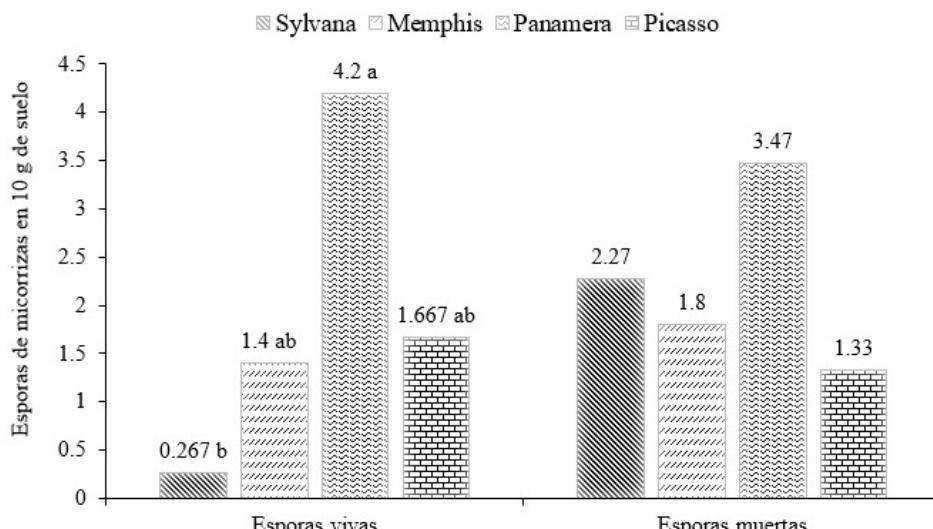


Figura 1. Densidad poblacional de HFMA (esporas vivas y muertas) provenientes del suelo según variedades de papa.

**Abundancia relativa de géneros de HFMA (%).** De los géneros de HFMA identificados (*Glomus* spp., *Gigaspora* spp. y *Scutellospora* spp.), *Glomus* spp. fue el género predominante en todas las variedades (Cuadro 2), a excepción de la variedad Sylvana. La predominancia de *Glomus* spp. en sistemas agrícolas se atribuye a su ciclo de vida rápido y a su mayor capacidad de esporulación en comparación con los géneros *Scutellospora* y *Gigaspora*. García-Apaza (2017), evaluó poblaciones de esporas micorrízicas en suelos cultivados con papa y reporta esporas viables (vivas) de los géneros *Glomus* spp., *Scutellospora* spp. y *Gigaspora* spp.

Cuadro 2. Abundancia relativa HFMA en función de las variedades de papa

Género de HFMA	Picasso	Panamera	Memphis	Sylvana
<i>Glomus</i> spp	76	59	56	3
<i>Gigasporas</i> spp	16	6	15	3
<i>Scutellospora</i> spp	4	6	4	0

La abundancia del género *Glomus* en este estudio coincide con los hallazgos de Zhang *et al.* (2021), Liu *et al.* (2021) y Adeyemi *et al.* (2019), quienes identificaron *Glomus* como el género dominante en la mayoría de los suelos agrícolas y naturales, con abundancias relativas que oscilan entre 42 % y 86 % del total de esporas. *Scutellospora* suelen ocupar el segundo y tercer lugar en abundancia, con valores típicos de 12 % a 24 % (Sakha *et al.*, 2025), dependiendo del ambiente y el cultivo; mientras que *Gigasporas*, presentan abundancias relativas menores al 10 % (Malik *et al.*, 2025; Sánchez *et al.*, 2017).

#### Colonización de HFMA (número de estructuras micorrízicas en raíces).

La cuantificación de hifas fue significativamente diferente en las raíces de la variedad Picasso con respecto a las variedades Memphis y Silvana (Cuadro 3). No se registraron diferencias significativas en la cuantificación de las estructuras clave de intercambio y almacenamiento (arbúsculos y vesículas) entre las variedades. A pesar de esto, las estructuras tipo arbúsculos se presentaron en un número mayor que las vesículas en todas las muestras, lo que representa un buen estado funcional de la asociación micorrízica.

El arbúsculo es la estructura clave donde ocurre el intercambio bidireccional de nutrientes (fósforo hacia la planta

y carbono hacia el hongo), caracterizándose por un ciclo de vida corto, con una vida media de 4 a 15 días (Khaliq *et al.*, 2022; Luginbuehl *et al.*, 2017; Rui *et al.*, 2022); su cuantificación en este estudio sugiere que la simbiosis se encontraba en una fase metabólica activa de intercambio, típica de una planta en crecimiento y con demanda de nutrientes. En contraste, las vesículas son estructuras de almacenamiento de lípidos para la supervivencia del hongo (Saavedra *et al.*, 2024), y suelen formarse en etapas tardías de la colonización o como respuesta a condiciones de estrés (Méndez-Gálvez *et al.*, 2021). La menor presencia de

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

vesículas en relación con las otras estructuras micorrícicas en las raíces de papa, indica que el sistema radicular no se encontraba predominantemente en una fase de supervivencia o almacenamiento, sino en una fase de colonización funcional activa.

**Cuadro 3.** Colonización de estructura micorrícicas en raíces según variedad de papa

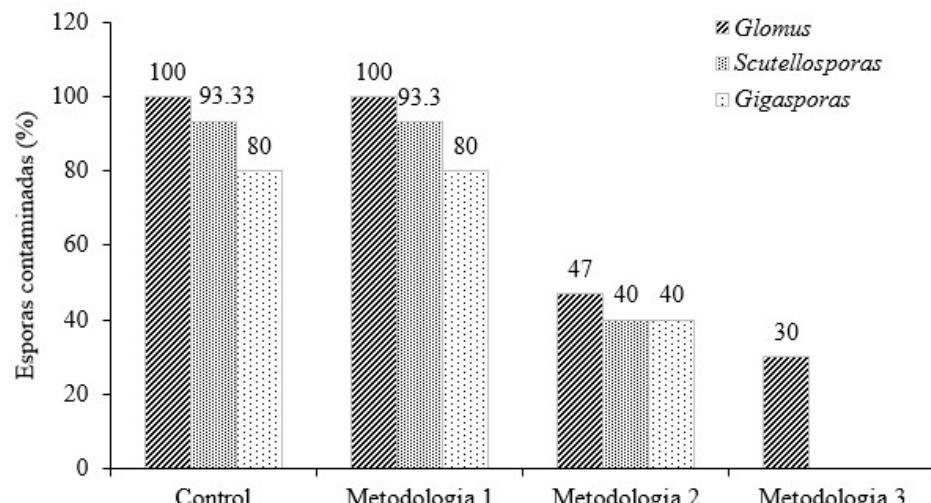
Variedad	Estructuras micorrícicas		
	Hifas	Arbúsculos	Vesículas
Sylvana	9.00 b	3.20	1.40
Memphis	9.93 b	3.33	1.60
Panamera	13.20 ab	3.60	1.87
Picasso	15.27 a	4.67	1.87
<i>p</i> ≤ 0.05	0.0102	0.8658	0.5273

**Desinfección de esporas HFMA (%).** La efectividad de las metodologías de desinfección varió significativamente según el género de HFMA (Figura 2). Debido a la limitación en el número de esporas viables de los géneros *Gigaspora* spp y *Scutellospora* spp, la efectividad de la metodología 3 se evaluó exclusivamente en *Glomus* spp. Los resultados indican que el género *Glomus* spp fue el más resistente a la desinfección, con una contaminación inicial de 100 % con la metodología 1, que se redujo al 30 % con la metodología 3. Los géneros *Gigaspora* spp y *Scutellospora* spp respondieron mejor a las metodologías de desinfacción; *Gigaspora* spp redujo la contaminación en 50 % con la metodología 2 respecto a la metodología 1 (de 80 % a 40 %), mientras que *Scutellospora* spp reduce la contaminación en un 42.8 % con la metodología 2 respecto a la metodología 1.

La descontaminación incompleta de esporas de *Glomus* spp., incluso tras tratamientos rigurosos, se debe principalmente a la presencia de bacterias incrustadas dentro de las capas externas de la pared esporal, que quedan protegidas de los agentes descontaminantes. Estas bacterias no son eliminadas por tratamientos superficiales y solo se detectan cuando las esporas se cultivan en medios apropiados (Bharadwaj *et al.*, 2008; Roesti *et al.*, 2005). A diferencia de otros géneros, la pared esporal de *Glomus* spp. puede ser más compleja en cuanto a la disposición y composición de sus capas (Bharadwaj *et al.*, 2008; Maia y Kimbrough, 1998); además, la edad de la espora

y el estado de maduración influyen en la eficacia de la descontaminación; esporas maduras requieren tratamientos más intensos, sin embargo, pueden afectar negativamente la viabilidad (Stürmer y Morton, 1997).

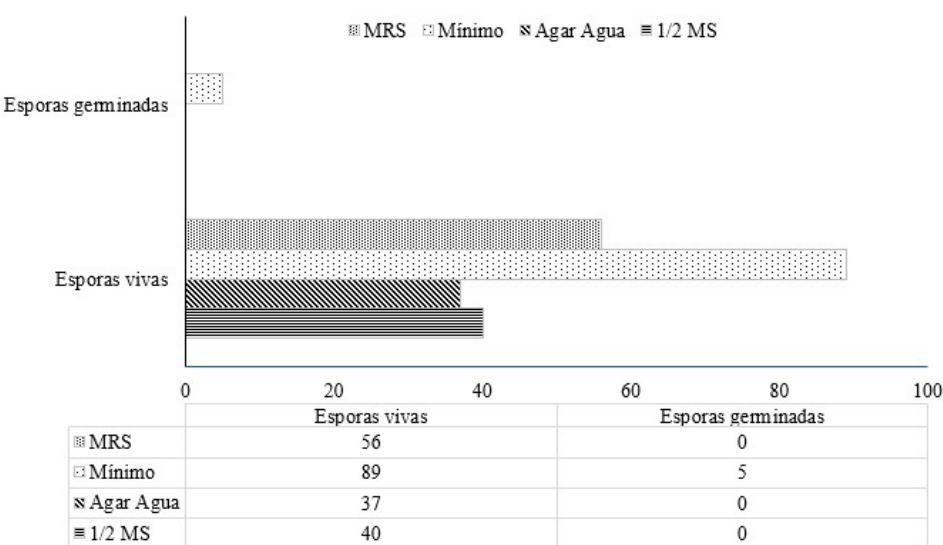
La capacidad de obtener esporas viables y parcialmente desinfectadas sienta las bases para el trabajo in vitro. Pérez *et al.* (2011) lograron obtener una alta germinación y 0 % de contaminación en esporas de *Glomus* spp., después de dos semanas de incubación, lo que demuestra que la asepsia completa es alcanzable si se optimizan las concentraciones y los tiempos de exposición de los agentes desinfectantes. El resultado del 30 % de esporas de *Glomus* spp., contaminadas, sugiere que la concentración o el tiempo de exposición de la metodología 3 necesita ajustes para aumentar su efectividad. La contaminación inicial de 100 % observada con la metodología 1, se justifica por el principio expuesto por Walley y Germida (1996), quienes indicaron que evitar medios ricos en nutrientes es clave para la descontaminación efectiva de HFMA. La metodología 1 utilizó el medio Murashige y Skoog (MS), que es inherentemente rico en nutrientes y aminoácidos, creando un ambiente propicio para el crecimiento explosivo de los contaminantes fúngicos y bacterianos adheridos a las esporas, lo que resultó en la contaminación total de la muestra.



**Figura 2.** Porcentaje de esporas contaminadas según metodología de desinfección y géneros de micorrizas.

**Esporas germinadas en los medios de cultivo (%).** Se evaluó la capacidad germinativa de *Glomus* spp., en cuatro medios de cultivo:  $\frac{1}{2}$  MS, medio mínimo (M), medio MRS y Agar Agua (control). La germinación de esporas ocurrió únicamente en el medio mínimo, con cinco esporas germinadas (Figura 3); aunque la germinación fue baja, el porcentaje de esporas viables fue mayor en el medio mínimo (89 %) comparado con MRS,  $\frac{1}{2}$  MS y Agar Agua.

## CIENCIA DE LAS PLANTAS



**Figura 3.** Número de esporas vivas y germinadas a los siete días en diferentes medios de cultivos.

La germinación de esporas a los siete días no presenta efecto significativo, sin embargo, se observó una tasa de germinación inicial de hasta cinco esporas germinadas a los siete días después de la siembra en las placas de Petri, una cifra esperable para una fase temprana de incubación. Este resultado es comparable con los hallazgos de Raghavendra *et al.* (2020), quienes reportaron de 0.20 % a 11.64 % de germinación en el mismo periodo, lo cual confirma que el proceso es intrínsecamente lento y que depende del medio de cultivo. Bécard *et al.* (1992); Scervino *et al.* (2005) indican que, para acelerar la germinación, es necesario incluir flavonoides en los medios de cultivos. Smith y Read (2008) destacan que el exceso de sales minerales puede inhibir la viabilidad y germinación de las esporas, lo que podría explicar el bajo número de

esporas viables. La germinación y viabilidad de esporas en medios de cultivo puede ser limitada en la primera semana, especialmente si el inóculo proviene de suelos con baja diversidad o manejo intensivo (Esquivel-Quispe, 2020).

### CONCLUSIONES

El protocolo de desinfección a base de Cloramina T más estreptomicina y gentamicina (Metodología 3) y el uso de medio mínimo (M) para la viabilidad y germinación, genera cultivos de esporas con bajos índices de contaminación, lo que es ideal para la obtención de inoculantes nativos de alta pureza.

El uso de medios de cultivos con altas concentraciones de sales actúa como un factor limitante para la germinación activa.

La baja presencia de estructuras micorrícticas funcionales como arbúsculos y vesículas en las raíces, se vincula a una fase metabólica activa de intercambio, típica de una planta en crecimiento y con demanda de nutriente.

Al contar con un protocolo que garantiza la desinfección de géneros clave como *Glomus* spp., es posible iniciar la producción de biofertilizantes axénicos de alta pureza, que permite al sector agrícola disponer de inóculos bioseguros (libres de patógenos) que optimicen la absorción de nutrientes y reduzcan la dependencia de fertilizantes químicos, mejorando la rentabilidad y sostenibilidad del cultivo de papa.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeyemi, N., Atayese, M., & Olubode, A. (2019). Identification and relative abundance of native arbuscular mycorrhizal fungi associated with oil-seed crops and maize (*Zea mays* L.) in derived savannah of Nigeria. *Acta fytotechnica et zootechnica*, 22(3), 84-89. <https://doi.org/10.15414/afz.2019.22.03.84-89>
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal*. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon.pdf>
- Bécard, G., & Piché, Y. (1992). Establishment of vesicular-arbuscular mycorrhiza in root organ culture: Review and proposed methodology. En J. R. Norris, D. J. Read, & A. K. Varma (Eds.), *Methods in microbiology*. Academic Press.
- Bharadwaj, D., Lundquist, P., Persson, P., & Alström, S. (2008). Evidence for specificity of cultivable bacteria associated with arbuscular mycorrhizal fungal spores. *FEMS microbiology ecology*, 65(2), 310-322. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2008.00515.x>.
- Brundrett, M., Bougner, N., Dell, B., & Malajczuk, N. (1996). *Working with mycorrhizae in forestry and agriculture*. <https://www.aciar.gov.au/publication/working-mycorrhizas-forestry-and-agriculture>
- Camenzind, T., Weimershaus, P., Lehmann, A., Aguilar-Trigueros, C., & Rillig, M. (2022). Soil fungi invest into asexual sporulation under resource scarcity, but trait spaces of individual isolates are unique. *Environmental microbiology*, 24(7), 2962–2978. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.16012>.

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

- Cranenbrouck, S., Voets, L., Bivort, C., Renard, L., Strullu, D.-G., & Declerck, S. (2005). Methodologies for in vitro cultivation of arbuscular mycorrhizal fungi with root organs. En S. Declerck, J. A. Fortin, & D.-G. Strullu (Eds.), *In vitro culture of mycorrhizas* (Soil Biology, Vol. 4, pp. 341–375). Springer. [https://doi.org/10.1007/3-540-27331-X\\_18](https://doi.org/10.1007/3-540-27331-X_18)
- Dube, M., & Dames, J. (2025). Soil Properties and Not Crop Rotation With Non-Mycorrhizal Canola Influence the Abundance of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Wheat Soils. *Soil Use and Management*, 41. <https://doi.org/10.1111/sum.70102>.
- Esquivel-Quispe, R. (2020). Propagación de hongos micorrizógenos arbusculares nativos y su influencia en la producción de maíz Amiláceo en Paquec-Ayacucho. Primera parte: Propagación en cultivos asociados en invernadero. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8, 42-52. <https://doi.org/10.36610/jjsab.2020.080100042>.
- García-Apaza, E. y Álvarez, E. (2017). Evaluación de la población de micorrizas en parcelas de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el altiplano central boliviano. *Revista de Investigación Agropecuaria y forestal boliviana*, (1), 66-76. [https://www.researchgate.net/publication/346444703\\_Evaluacion\\_de\\_la\\_poblacion\\_de\\_micorrizas\\_en\\_parcelas\\_de\\_papa\\_Solanum\\_tuberosum\\_L\\_en\\_el\\_atiplano\\_central\\_boliviano](https://www.researchgate.net/publication/346444703_Evaluacion_de_la_poblacion_de_micorrizas_en_parcelas_de_papa_Solanum_tuberosum_L_en_el_atiplano_central_boliviano).
- Gerdemann, J.W., & Nicolson, T.H. (1963). Spores of Mycorrhizal Endogone Species Extracted from Soil by Wet Sieving and Decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, 46(2), 235-244. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(63\)80079-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(63)80079-0)
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Khaliq, A., Perveen, S., Alamer, K., Haq, M., Rafique, Z., Alsudays, I., Althobaiti, A., Saleh, M., Hussain, S., & Attia, H. (2022). Arbuscular mycorrhizal fungi symbiosis to enhance plant-soil interaction. *Sustainability*, 14(13), 7840. <https://doi.org/10.3390/su14137840>
- Liu, R., Xiao, Z., Hashem, A., AbdAllah, E., & Wu, Q. (2021). Mycorrhizal Fungal Diversity and Its Relationship with Soil Properties in *Camellia oleifera*. *Agriculture*, 11, 470. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060470>
- Luginbuehl, L., Menard, G., Kurup, S., Van Erp, H., Radhakrishnan, G., Breakspear, A., Oldroyd, G., & Eastmond, P. (2017). Fatty acids in arbuscular mycorrhizal fungi are synthesized by the host plant. *Science*, 356, 1175 - 1178. <https://doi.org/10.1126/science.aan0081>.
- Maia, L., & Kimbrough, J. (1998). Ultrastructural Studies of Spores and Hypha of a *Glomus* Species. *International Journal of Plant Sciences*, 159, 581 - 589. <https://doi.org/10.1086/297576>
- Malik, J., Dar, B., Alqarawi, A., Assaeed, A., Alotaibi, F., Alkhasha, A., Adam, A., & Abd-ElGawad, A. (2025). Species Richness of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Heterogenous Saline Environments. *Diversity*, 14(13), 7840. <https://doi.org/10.3390/d17030183>.
- Méndez-Gálvez, S., Esquivel-Quispe, R., y Ochoa-Yupanqui, W. (2021). Indicadores de colonización de hongos micorrílicos arbusculares en “papa” (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 9, 53-63. <https://doi.org/10.36610/jjsab.2021.090100053>.
- Moose, B. (1962). The establishment of vesicular arbuscular mycorrhizal under aseptic conditions. *Journal Microbiology*, 27(3), 509-520. <https://www.microbiologyresearch.org/content/micro/10.1099/00221287-27-3-509>
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15, 473-497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>.
- Nehls, U. (2008). Mastering ectomycorrhizal symbiosis: the impact of carbohydrates. *Journal of experimental botany*, 59(5), 1097-1108. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm334>
- Pérez, M., Ramírez, U. A., Moreno, M. M. y Franco, C. M. (2011). Metodología para la desinfección y germinación de esporas y fragmentos de raíces micorrizadas con *Glomus* sp. (GEV02) para su uso bajo condiciones in vitro. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(2), 143-150. <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945031008.pdf>
- Phillips, J.M., & Hayman, D.S. (1970). Improved Procedures for Clearing Roots and Staining Parasitic Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Rapid Assessment of Infection. *Transactions of the British Mycological Society*, (55), 158-161. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3)
- Raghavendra, K., Nirmalnath, P., & Jagadeesh, K. (2020). Axenic Germination of *Glomus* intraradices in *in vitro*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9, 2387-2396. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.901.272>
- Roesti, D., Ineichen, K., Braissant, O., Redecker, D., Wiemken, A., & Aragno, M. (2005). Bacteria Associated with Spores of the Arbuscular Mycorrhizal Fungi *Glomus geosporum* and *Glomus constrictum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 6673 - 6679. <https://doi.org/10.1128/aem.71.11.6673-6679.2005>.
- Rui, W., Mao, Z., & Li, Z. (2022). The Roles of Phosphorus and Nitrogen Nutrient Transporters in the Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *International Journal of Molecular Sciences*, 23. <https://doi.org/10.3390/ijms231911027>
- R Core Team (2023). *R: A language and environment for statistical computing* (Version 4.4) [Computer software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Saavedra, L., Ríos-Ruiz, W., García, J., y Sandoval-Flores, D. (2024). El desarrollo de leguminosas de cobertura por hongos micorrízicos arbusculares depende del grado de especificidad de los simbiontes. *Manglar*, 21(2), 279-286. <https://doi.org/10.57188/manglar.2024.030>

CIENCIA DE LAS PLANTAS

---

- Sakha, M., Gweyi-Onyango, J., Masso, C., & Baijukya, F. (2025). Diversity, characteristics, and abundance of native arbuscular mycorrhizal fungi in the semi-arid lands of Eastern Kenya. *Frontiers in Microbiology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1582476>
- Sánchez, J., Gallen, I., Cuevas, L., Oro, L., & Meli, P. (2017). Diversidad, abundancia y variación estacional en la comunidad de hongos micorrizógenos arbustulares en la selva Lacandona, Chiapas, México. *Scientia Fungorum*, (45), 37–51. <https://doi.org/10.33885/sf.2017.0.1166>
- Scervino, J. M., Ponce, M. A., Erra-Bassells, R., Vierheilig, H., Ocampo, J. A., & Godeas, A. (2005). Flavonoids exhibit fungal species- and genus-specific effects on the presymbiotic growth of *Gigaspora* and *Glomus*. *Mycological Research*, 109(7), 789–794.
- Schenck, N. C., & Pérez, Y. (1987). *Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi* (3rd ed.). INVAM, University of Florida.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). Mineral nutrition, toxic element accumulation and water relations of arbuscular mycorrhizal plants. En *Mycorrhizal symbiosis* (3.<sup>a</sup> ed., pp. 145–187). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012370526-6.50007-6>
- Stürmer, S., & Morton, J. (1997). Developmental patterns defining morphological characters in spores of four species in *Glomus*. *Mycologia*, 89, 72–81. <https://doi.org/10.1080/00275514.1997.12026756>
- Swaminathan, K., & Verma, B. C. (1977). Symbiotic effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the phosphate nutrition of potatoes. *Proceedings / Indian Academy of Sciences*, 85(5), 310–318. <https://doi.org/10.1007/BF03052383>
- Tian, B., Pei, Y., Huang, W., Ding, J., & Siemann, E. (2021). Increasing flavonoid concentrations in root exudates enhance associations between arbuscular mycorrhizal fungi and an invasive plant. *The ISME Journal*, 15(7), 1919–1930. <https://doi.org/10.1038/s41396-021-00894-1>
- Upadhyay, S., Srivastava, A., Rajput, V., Chauhan, P., Bhojya, A., Jain, D., Chaubey, G., Dwivedi, P., Sharma, B., & Minkina, T. (2022). Root exudates: Mechanistic insight of plant growth-promoting rhizobacteria for sustainable crop production. *Frontiers in Microbiology*, 13, Article 916488. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.916488>
- Walley, F. L., & Germida, J. J. (1996). Failure to decontaminate *Glomus clarum* NT4 spores is due to wall-associated bacteria. *Mycorrhiza*, 6, 43–49.
- Zhang, M., Shi, Z., Yang, M., Lu, S., Cao, L., & Wang, X. (2021). Molecular diversity and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi at different elevations in Mt. Taibai of Qinling Mountain. *Frontiers in Microbiology*, 12, Article 609386. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.609386>
- Zhao, M., Zhao, J., Yuan, J., Hale, L., Wen, T., Huang, Q., Vivanco, J. M., Zhou, J., Kowalchuk, G. A., & Shen, Q. (2020). Root exudates drive soil-microbe-nutrient feedbacks in response to plant growth. *Plant, Cell & Environment*, 43(7), 1610–1622. <https://doi.org/10.1111/pce.13928>

# RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

## Relación del arte de pesca y carnadas con la pesca incidental de tortugas marinas en la Reserva Natural Estero Padre Ramos, Chinandega, Nicaragua

## Relationship of fishing gear and bait types with the incidental capture of sea turtles in the Reserva Natural Estero Padre Ramos, Chinandega, Nicaragua

Miguel Garmendia-Zapata<sup>1</sup>, Heraldo Salgado<sup>2</sup>, Ronald Miranda<sup>3</sup>, Jorge Lezama<sup>4</sup>, Heydi Salazar<sup>5</sup>

<sup>1</sup> MSc. en Biología Ambiental y de Bosques – Ecología, Universidad Nacional Agraria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9080-7670> / garmendiaz@ci.una.edu.ni

<sup>2</sup> Licenciado en Ecología, Universidad Nacional Agraria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9027-7526> / harauz@ci.una.edu.ni

<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo, Licenciado en Derecho, Especialista en Conservación Marina y Pesca Sostenible, Fauna & Flora, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5486-3641> / ronald.miranda@fauna-flora.org

<sup>4</sup> Licenciado en Biología, Especialista en Monitoreo, Evaluación y Aprendizaje, Fauna & Flora, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9733-6074> / jorge.lezama@fauna-flora.org

<sup>5</sup> Licenciada en Biología con mención en Educación Ambiental, postgrado en Gerencia de Recursos Humanos, Coordinadora de Programa Tortugas y Marino, Fauna & Flora, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2017-0044> / heydi.salazar@fauna-flora.org

Autor de correspondencia: garmendiaz@ci.una.edu.ni



## RESUMEN

Las actividades de pesca en la Reserva Natural Estero Padre Ramos son importantes como un sustento de las familias, y a la vez, forma parte de la identidad cultural de las comunidades. Esta investigación se centró en identificar los tipos de artes de pesca y carnadas utilizadas por los pescadores locales, así como conocer su percepción sobre la conservación de la fauna marina como base para la creación de futuras iniciativas de conservación de las tortugas marinas en el área de estudio. Para ello, se realizaron encuestas en la playa a 103 pescadores y en las faenas de pesca a 48 pescadores. Los artes de pesca mencionados con más frecuencia fueron palangre y red agallera. Las carnadas más utilizadas, según los consultados, fueron sardina, caballa, camarón y calamar, brindándoles un mayor peso en términos de importancia al camarón y a la sardina. Puede que tanto los artes de pesca como las carnadas utilizadas, en su

## ABSTRACT

Fishing activities in Nicaragua, as well in the Reserva Natural Estero Padre Ramos, are important as a source of livelihood for families and these are part of the cultural identity of the communities. This research focused on identifying the types of fishing gear and baits used by local fishermen, as well as understanding their perception of aquatic wildlife conservation as a foundation for the development of future sea turtle conservation initiatives in the study area. To achieve this goal, surveys were conducted on the beach with 103 fishermen and during fishing tasks with 48 fishermen. The fishing gear most frequently mentioned by fishermen (because they use them) were longlines and gillnets. The most commonly used baits, according to respondents, were sardines, mackerel, shrimp, and squid, with shrimp and sardines being given greater weight in terms of importance. It is possible that both the fishing gear and the bait used

Recibido: 16 de septiembre del 2025  
Aceptado: 19 de diciembre del 2025



Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo donald.juarez@ci.una.edu.ni

© Copyright 2025. Universidad Nacional Agraria (UNA).

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

mayoría, no se correspondan con la conservación de las tortugas marinas. Por lo anterior, se proponen una serie de acciones para aportar a esta correspondencia y reducir el impacto negativo a la fauna marina. Los pescadores encuestados están conscientes de la importancia de la conservación del recurso marino y mostraron disposición a adoptar nuevas formas de pesca y/o modificar sus métodos, lo que fortalece la implementación de futuras iniciativas que promuevan el bienestar del ecosistema y de las familias que se benefician del recurso.

**Palabras clave:** fauna marina, conservación marina, percepción comunitaria, acciones de mitigación.

are, for the most part, not compatible with sea turtle conservation. Therefore, actions are proposed to achieve this alignment and reduce the negative impact on aquatic fauna. The surveyed fishermen are aware of the importance of marine resource conservation and expressed a willingness to adopt new fishing practices and/or modify their current methods, which supports the implementation of future initiatives aimed at promoting the well-being of both the ecosystem and the families that depend on these resources.

**Keywords:** Marine fauna, marine conservation, community perception, mitigation actions

**L**pesca artesanal juega un papel esencial en Nicaragua, especialmente para las comunidades costeras que dependen de esta actividad como fuente principal de alimento e ingresos. En las comunidades pesqueras de la Reserva Natural Estero Padre Ramos, en el departamento de Chinandega, en el pacífico norte de Nicaragua, esta práctica no solo es el sustento de muchas familias, sino que también es clave en la identidad cultural y el desarrollo económico de la zona (Mendoza y López, 2020). No obstante, la sobreexplotación de los recursos marinos y la necesidad de asegurar la sostenibilidad pesquera, hacen imprescindible la adopción de prácticas que contribuyan a la conservación de la diversidad biológica acuática (Yang, 2024).

El uso de métodos de pesca y carnadas adecuadas resulta fundamental para reducir el impacto sobre la fauna marina, especialmente en especies como las tortugas marinas, que visitan la Reserva Natural Estero Padre Ramos. Muchas de estas, como la tortuga paslama (*Lepidochelys olivacea*), enfrentan amenazas debido a la captura incidental con redes y anzuelos tradicionales (González *et al.*, 2019). La implementación de técnicas selectivas, como anzuelos circulares y dispositivos que impidan la captura incidental de tortugas, contribuye a reducir su mortalidad y a preservar el equilibrio ecológico del ecosistema marino (Gilman *et al.*, 2012).

La protección de estos recursos es esencial, ya que la fauna acuática juega un papel crucial en la estabilidad de los ecosistemas marinos y los servicios ecosistémicos (Worm *et al.*, 2006). Para las comunidades cercanas a la Reserva Natural Estero Padre Ramos, la preservación de las tortugas marinas no solo favorece la biodiversidad, sino que constituye una oportunidad para el turismo sostenible y la mejora en la calidad de vida de los habitantes (Ferraro y Hanauer, 2014; Spenceley, 2008).

Como primer paso hacia la adopción de métodos que mitiguen el impacto negativo sobre la fauna acuática, esta investigación busca identificar los tipos de artes de

pesca y carnadas empleados por los pescadores locales, así como conocer su percepción sobre la conservación de la vida marina y particularmente el de las tortugas.

### MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El estudio se desarrolló en la Reserva Natural Estero Padre Ramos, ubicada a 183.2 km de la ciudad de Managua, en la región del Pacífico de Nicaragua, municipio de El Viejo, departamento de Chinandega, en las coordenadas 12°48'36" de latitud Norte y 87°28'55" de longitud Oeste. Las comunidades pesqueras en estudio fueron Jiquilillo, Los Zorros, Mechapa, Padre Ramos y Venecia. El clima de la región se caracteriza por ser cálido y seco, con una temporada de lluvias bien definida entre mayo y noviembre, seguida de una estación seca de diciembre a abril; las temperaturas varían entre 27 °C y 32 °C, mientras que la precipitación anual oscila entre 1 200 mm y 1 800 mm, influenciada por la proximidad al océano Pacífico y los vientos alisios (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, 2020). Estas condiciones climáticas favorecen la presencia de manglares, humedales y otros ecosistemas costeros, los que sustentan una gran diversidad biológica, sirven de conectividad biológica y proporcionan servicios ambientales clave, como la regulación del clima y la protección contra la erosión costera (Mendoza y López, 2019).

**Procedimiento metodológico.** El abordaje de esta investigación fue cualitativo y la información se registró por medio de encuestas dirigidas a los pescadores, tanto en la playa (cuando estaban fuera de sus faenas laborales) como durante las faenas de trabajo. Los criterios de selección de los encuestados fueron los siguientes: 1) ser mayor de edad, 2) vivir en las comunidades del estudio y 3) dedicarse a la pesca. Se aplicaron 103 encuestas a pescadores en la playa y 48 a pescadores en faena de las comunidades pesqueras de Jiquilillo, Padre Ramos, Mechapa, Los Zorros y Venecia. La etapa de registro de información se realizó entre el mes de noviembre del año 2022 y julio del año 2023.

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

En la encuesta en la playa se consideraron las siguientes variables: comunidad de residencia, nivel educativo, edad, sexo, años de experiencia en la pesca, pertenencia a cooperativas, tipo de embarcación, duración de la faena, hora de inicio, sitios de pesca frecuentados, tipos de artes de pesca usados (ejemplo: palangre, red agallera), lista de especies usadas como carnada y si las carnadas se compran o se pescan, percepción y actitudes (disposición a conservar, dependencia de la pesca, conocimiento de organizaciones de conservación, disposición a participar en programas o a adoptar nuevos artes), y reportes sobre el uso de explosivos y acciones frente a tortugas capturadas (liberar, consumir, enterrar, entre otras.). En la encuesta durante la faena se registraron: tipo de embarcación y material, número de personas por faena, tipo de arte utilizado, área o posición de pesca (mar abierto, fondo, estero, superficie), sitios concretos de pesca, lista de carnadas usadas con la frecuencia de mención y el peso (kg) asignado a su uso (dato usado luego en análisis de conglomerados), reportes sobre explosiones, avistamientos de tortugas (especie y condición: viva/muerta) y acciones aplicadas tras la captura.

**Análisis de la información.** El análisis fue descriptivo, por lo que la información se arregló en hojas de cálculo y los argumentos se clasificaron y codificaron para organizarla de forma lógica en temas y subtemas. Para las variables categóricas, se contabilizaron las frecuencias de las respuestas y se presentaron como porcentajes. El análisis de conglomerados fue utilizado para agrupar las especies mencionadas como carnada por los pescadores (encuestas en las faenas), de manera específica, se utilizaron dos variables, la frecuencia con la que los pescadores mencionaban cada organismo y el peso (kg) que le asignaron según la cantidad que utilizan en las faenas. Los medios de visualización de la información como gráficos de barra, cuadro resumen y dendrogramas (análisis de conglomerado por distancia Euclidiana y el método de Ward) se realizaron utilizando las funciones del programa computacional R (R Core Team, 2023), su interfaz RStudio (Posit team, 2023) y el paquete ggplot2 (Wickham, 2016).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Información proveniente de pescadores en la playa.** La distribución de los pescadores encuestados según su comunidad de residencia corresponde a Jiquilillo (32 %), Padre Ramos (31.1 %), Mechapa (23.3 %), Los Zorros (6.8 %), y Venecia (6.8 %). De los 103 pescadores encuestados, 32 % tenían educación primaria incompleta, 20.4 % primaria completa y 20.4 % secundaria incompleta; muy pocos eran bachilleres (4.9 %) o tenían títulos universitarios (3.9 %). La mayoría de los participantes tenían edades entre 20 y 59 años (91.3 %) y eran de sexo masculino (98.1 %). Una gran cantidad de los participantes (65 %) tenía entre 10 a 29 años de dedicarse a la pesca; a pesar de este nivel de experiencia

en el arte de la pesca, el 95.1 % de ellos no están organizados en cooperativas.

El 90.3 % de los participantes utilizan panga como tipo de embarcación, habiendo una minoría (9.7 %) que utiliza bote o cayuco, o que utilizan ambos, pangas y cayucos. La duración de la faena estuvo establecida principalmente, según los encuestados, entre 15 a 19 horas (47.6 %) y de más de 20 horas (43.7 %). Las horas en que más se reporta el inicio de la faena es a las 16:00 h (52.4 % de los encuestados), también a las 15:00 h (28.2 %) y a las 17:00 h (12.6 %). Como sitios de pesca en sus comunidades, los encuestados mencionaron con más frecuencia El Guachinangon (60 % de todas las frecuencias), seguido de Las 16 (35 %), Las Lágrimas (35 %), Las 25 (33 %), El Jayan (30 %), entre otros mencionados con menos frecuencia. Los artes de pesca más utilizados según los encuestados fueron palangre (según el 99 % de los encuestados), seguido de red agallera (75 %) y, en menor medida, langostero (1 %).

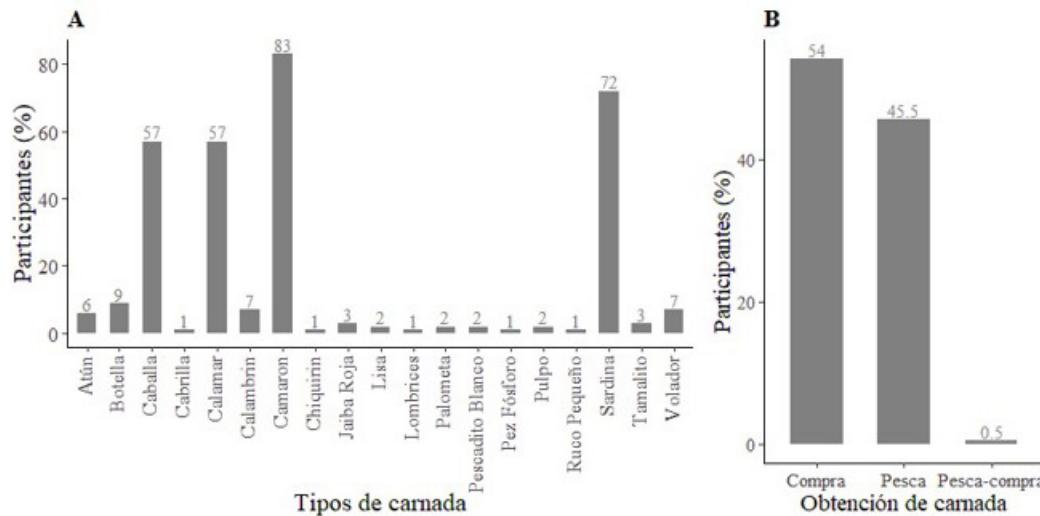
Los encuestados enlistaron 19 especies de organismos que se utilizan como carnadas para la pesca, de estas, las mencionadas con mayor frecuencia fueron camarón, sardina, caballa y calamar (Figura 1 A); la mayoría de los pesadores indican que compran las carnadas y en menor porcentaje se señala que las obtienen durante las jornadas de pesca (Figura 1 B).

**Conservación del recurso marino según pescadores en la playa.** El 100 % de los están dispuestos a conservar el recurso marino, principalmente porque dependen de la pesca (94.3 %). La mayoría (86.4 %) están dispuesto a adoptar otras artes de pesca; principalmente para tener beneficios (54 %). El 87.7 % de los encuestados conoce alguna organización de conservación y en su mayoría (90.3 %) están dispuestos a ser parte de un programa de conservación. Esta disposición de los pescadores abre la oportunidad para trabajar con ellos en acciones como toma de datos, adopción de tecnología y trabajos colaborativos vinculados a la conservación del recurso marino. El 60.2 % de los encuestados afirman haber escuchado el uso de explosivos como método de pesca. El 71.8 % afirman que siempre tienen avistamientos de tortugas marinas, 17.5 % casi siempre y una minoría (10.7 %) mencionan que algunas veces o pocas veces; El 87.4 % de los pescadores afirman que al capturar tortugas incidentalmente, su decisión es liberarlas inmediatamente; mientras que 12.6 % indican que las utilizan para su consumo; otras acciones mencionadas, en caso de encontrarlas muertas, es enterrarla (1 %), regresarlal al mar (3.9 %), regalarla (2.9 %) o no hacer nada (1 %).

**Información obtenida durante la faena de pesca.** Se encuestaron a 48 pescadores quienes pertenecen principalmente a Venecia (33.3 %) y Mechapa (29.2 %), y en menor proporción a Padre Ramos, Los Zorros y Jiquilillo

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

con 12.5 % cada uno. El tipo de embarcación utilizado son panga (41.7 %), fibra [lancha de fibra de vidrio] (33.3 %), cayuco (20.8 %) y bote (4.2 %); la cantidad de personas por faena es principalmente de cuatro (52.1 %) o tres (27.1 %). Los tipos de arte utilizados fueron principalmente palangre (según el 85 % de los pescadores), y red agallera (54 %). La pesca principalmente se realizó a mar abierto (45.8 %) y en



el fondo (35.4 %); pocas veces en el estero (16.7 %) y casi nunca en la superficie (2.1 %).

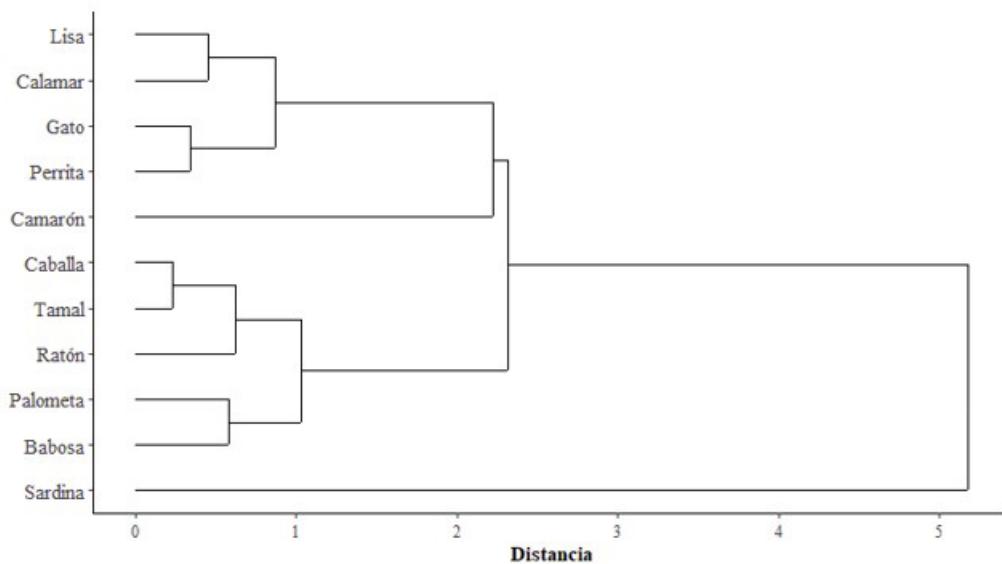
Los artes de pesca más utilizados (palangre y red agallera), según ambas encuestas, representan un posible riesgo de pesca incidental de tortugas marinas. Los anzuelos cebados (como en los palangres) son ingeridos por tortugas marinas, provocando lesiones internas, obstrucciones intestinales o ahogamiento si quedan enredadas en las líneas. En pesquerías de palangre, en el que se usan cientos de anzuelos cebados, las tortugas pueden confundir las carnadas con alimento o quedar enredadas en las líneas; Sales *et al.* (2008) estimaron que más de 40 000 tortugas son capturadas anualmente por palangres en el Atlántico Sur, principalmente por anzuelos cebados con peces o calamar.

Las redes agalleras presentan tasas de captura incidental entre 2 y 4 órdenes de magnitud más altas que las de los palangres, lo que las categorizan con el mayor riesgo relativo de atrapar tortugas marinas (Putman *et al.*, 2023). En zonas con pesca artesanal intensiva en Trinidad y Tobago, se estimaron más de 3 000 tortugas toras (*Dermochelys coriacea*) capturadas anualmente en redes agalleras, con una mortalidad promedio del 30 % (Thannoo *et al.*, 2021).

Resultados reportados por Campbell *et al.* (2007) se corresponden con los obtenidos en este estudio en términos del uso de palangre y redes agalleras, quienes reportan alta tasa de captura incidental de tortugas marinas. Esto evidencia la necesidad de crear estrategias regionales para la mitigación del impacto a las tortugas marinas.

Los encuestados enlistaron 11 especies marinas utilizadas como carnadas, estas

se agruparon según la frecuencia de respuesta y el peso (kg) en términos de su uso. En la Figura 2, se observan las agrupaciones jerárquicas de los organismos usados como carnada, estos forman cuatro grupos, el grupo 1 corresponde desde lisa hasta



**Figura 2.** Especies marinas utilizadas como carnadas agrupadas según frecuencia y peso (kg) en términos de su uso.

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

perrita; el grupo 2 conformado solamente por camarón; el grupo 3 desde caballa hasta babosa y el grupo 4 conformado solamente por sardina.

El grupo 1 lo conforman las especies de menor mención y peso en kg de uso, en comparación con el resto de los grupos; el grupo 2 (camarón) fue mencionado con frecuencia, pero se le asignó poco peso en kg; las especies del grupo 3 tienen poca frecuencia de mención, pero relativamente se le asignó mayor peso que a los dos grupos anteriores, y el grupo 4 (sardina), a diferencia del resto, fue mencionada con mucha frecuencia y con mayor peso de uso kg (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Frecuencia de mención de especies marinas utilizados como carnadas según peso de uso

Grupo	Frecuencia de mención			Peso (kg)		
	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo
1	4.3±2.5	1	7	2.7±1.9	0.7	4.5
2	20±0.0	-	-	4.2±0.0	-	-
3	5.4±3.3	1	10	9.1±1.9	6.9	12
4	31±0.0	-	-	22.4±0.0	-	-

Combinando la lista de especies que mencionaron los encuestados en la playa con la lista proveída por los encuestados en las faenas, se totalizan 24 especies de fauna marina utilizadas como carnadas. Las principales carnadas que los pescadores mencionaron en ambas encuestas (sardina, caballa, camarón y calamar) pueden captar la atención a las tortugas marinas, ya que estas son atraídas por el olor, movimiento o tipo de presa que imitan estas carnadas, lo que incrementa el riesgo de captura incidental. El calamar es una de las carnadas más problemáticas en palangres, ya que su “fuerte” aroma atrae a las tortugas (Wallace *et al.*, 2008). El camarón y el calamar son parte de la dieta de especies de tortugas marinas, lo que aumenta el riesgo de que muerdan los anzuelos (Gilman *et al.*, 2010).

El 58.3 % de los encuestados durante las faenas afirma no haber escuchado explosiones, contrastado con un 41.7 % que afirma sí haberlas escuchado. En cuanto a sitios de pesca, en Mechapa se mencionaron 75 sitios y en Venecia 54; de manera general para todas las comunidades (Venecia, Mechapa, Padre Ramos, Los Zorros y Jiquilillo), los sitios mencionados con mayor frecuencia fueron Las 25 (12 veces) y Los Yugos (9). Es importante conocer si estos sitios coinciden con las rutas migratorias o zonas de alimentación de tortugas marinas, ya que, de serlo, incrementaría el riesgo de pesca incidental. En las faenas, la mayoría de los sitios donde se realizó la pesca, fue principalmente en mar abierto (73.3 %) y en menor medida en el estero (26.7 %).

Los pescadores confirman el haber encontrado tortugas durante sus faenas. Ellos mencionan principalmente

a la especie paslama (*Lepidochelys olivacea*) (58.6 % de los pescadores), y carey (*Eretmochelys imbricata*) 37.9 %; algunos han encontrado torita (*Chelonia mydas*) 3.4 %. La mayoría afirman haberlas encontrado viva (96 %) y solamente el 4 % la ha encontrado muerta. En términos de la acción que realizan los pescadores al encontrar una tortuga marina, un poco más de la mitad (53.3 %) no respondieron a esa pregunta, 43.3 % afirman que las han liberado vivas y 3.3 % que las han liberado muertas.

**Acciones de mitigación.** Debido a que tanto los artes de pesca, como las carnadas, son recursos que los pescadores han utilizado por mucho tiempo, el trabajo para integrar cambios debe de ser arduo. Sin embargo, basados en la disponibilidad que los pescadores tienen para ser parte de programas e iniciativas de conservación, se pueden desarrollar acciones para que gradualmente adopten cambios para minimizar el impacto de la actividad pesquera en la fauna marina.

Algunas acciones por promover podrían ser las siguientes: 1) uso de anzuelos circulares en palangres, debido

a que reducen el riesgo de pesca incidental hasta en un 90 % (Gilman *et al.*, 2010), 2) evitar la pesca en áreas de anidación o migración durante temporadas críticas como lo propone Wallace *et al.* (2008), 3) utilizar palangres que mantenga los anzuelos a mayor profundidad, esto reduce la probabilidad de interacción con tortugas marinas, que suelen desplazarse en las capas superficiales del agua (Swimmer *et al.*, 2014), afortunadamente, los pescadores han manifestado que casi nunca se realiza pesca en la superficie, 4) promover actividades de recolección de equipos (restos de redes, líneas, etc.) abandonados como lo recomienda World Wildlife Fund, (2024), 5) promover la educación y conciencia sobre la importancia de la conservación de las tortugas marinas y los efectos negativos de la pesca incidental, y 6) establecer protocolos para el tratamiento de las tortugas que se capturan en la pesca incidental.

En relación con las carnadas, es importante realizar ajustes para reducir la pesca incidental y promover la conservación de la vida marina, algunas acciones podrían ser: 1) usar pescado azul (como caballa) en lugar de calamar, esto reduce la interacción con tortugas (Watson *et al.*, 2005), 2) usar peces menos atractivos para las tortugas en comparación con las carnadas a base de cefalópodos (Watson *et al.*, 2005), 3) uso de carnadas artificiales biodegradables que emiten olores atractivos para los peces, pero no para las tortugas; Parga (2012) afirma que es una alternativa prometedora y 4) uso de carnadas de mayor tamaño para disuadir la mordida de tortugas marinas juveniles (Gilman, 2011).

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Otras acciones podrían ser: 1) implementar talleres que expliquen el valor ecológico de las tortugas marinas y cómo su conservación beneficia la salud de los ecosistemas marinos y la pesca sostenible, incluyendo demostraciones prácticas, como la observación de liberaciones de tortugas que puede aumentar el compromiso como lo afirma Cinner *et al.* (2009) y la conciencia ambiental, 2) promover el ecoturismo comunitario o la venta de productos derivados de la conservación (artesanías, avistamiento de tortugas), diversificando los ingresos y reduciendo la dependencia de la pesca no regulada (Campbell *et al.*, 2007), 3) crear comités de manejo donde los pescadores colaboren en el diseño de regulaciones pesqueras y estrategias de conservación. Esto fomenta un sentido de pertenencia y responsabilidad (Stacey *et al.*, 2019). 4) Promover el desarrollo de proyectos de ciencia ciudadana para integrar el conocimiento local y con la investigación científica (investigación transdisciplinaria), para el monitoreo de las tortugas (Mancini *et al.*, 2011), y 5) vincular la conservación con tradiciones locales mediante actividades simbólicas y el reconocimiento público a líderes que promuevan prácticas sostenibles (Berkes, 2018).

### CONCLUSIONES

Los artes de pesca más empleados (palangre y red agallera) representan un riesgo de captura incidental de tortugas marinas en la Reserva Natural Estero Padre Ramos, lo que evidencia la necesidad de implementar tecnologías selectivas para reducir la mortalidad de estas especies.

Las carnadas más utilizadas por los pescadores (sardina, caballa, camarón y calamar) pueden incrementar

la probabilidad de interacción con tortugas marinas, especialmente el calamar y el camarón, que forman parte de su dieta natural. Esto refuerza la importancia de promover el reemplazo por carnadas menos atractivas para las tortugas.

Existe una disposición clara de los pescadores a modificar sus prácticas para favorecer la conservación marina, siempre que estas alternativas sean viables económica y técnicamente.

### AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más profundo agradecimiento a la organización Fauna & Flora Internacional por su invaluable apoyo financiero y logístico, que permitió realizar esta investigación. Del mismo modo, extendemos nuestra gratitud a la Universidad Nacional Agraria por su disposición y compromiso en la colaboración para la conservación de la vida marina. También agradecemos al Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) por otorgarnos los permisos necesarios y la confianza depositada para desarrollar este estudio. Asimismo, reconocemos la valiosa contribución de la candidata a Máster en Ciencias en Manejo y Conservación de los Recursos Naturales Renovables, Lic. Xiomara Cajina, en la recolección de datos. Finalmente, expresamos nuestro agradecimiento a los técnicos y pescadores de las comunidades y a todas las personas que, con su experiencia y esfuerzo, aportaron de diversas maneras al estudio.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Berkes, F. (2018). *Sacred Ecology* (4th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315114644>
- Campbell, L. M., Haalboom, B., & Trow, J. (2007). Sustainability of community-based conservation: Sea turtle egg harvesting in Ostional (Costa Rica) ten years later. *Environmental Conservation*, 34(2), 122-131. <https://doi.org/10.1017/S0376892907003840>
- Cinner, J. E., Daw, T., & McClanahan, T. R. (2009). Socioeconomic factors that affect artisanal fishers' readiness to exit a declining fishery. *Conservation Biology*, 23(1), 124–130. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01041.x>
- Ferraro, P. J., & Hanauer, M. M. (2014). Advances in measuring the environmental and social impacts of environmental programs. *Annual Review of Environment and Resources*, 39, 495-517. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-101813-013230>
- Gilman, E. (2011). Bycatch governance and best practice mitigation technology in global tuna fisheries. *Marine Policy*, 35(5), 590-609. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308597X11000224>
- Gilman, E., Gearhart, J., Price, B., Eckert, S., Milliken, H., Wang, J., Swimmer, Y., Shiode, D., Abe, O., Hoyt Peckham, S., Chaloupka, M., Hall, M., Mangel, J., Alfaro-Shigueto, J., Dalzell, P., & Ishizaki, A. (2010). Mitigating sea turtle by-catch in coastal passive net fisheries. *Fish and Fisheries*, 11(1), 57–88. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2009.00342.x>
- Gilman, E., Hall, M., Brothers, N., & Carlson, J. (2012). Addressing fisheries bycatch in a changing world. *Fish and Fisheries*, 13(3), 316-335. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2011.00441.x>
- González, P., Herrera, M., & Suárez, L. (2019). Impacto de la pesca artesanal en la conservación de tortugas marinas en Nicaragua. *Revista de Ciencias Marinas*, 25(1), 67-82.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2020). *Clima y geografía de Nicaragua*.
- Mancini, A., Koch, V., & Seminoff, J. A. (2011). Sea turtle conservation in the Southwest Atlantic: Insights from participatory research with Brazilian fishermen. *Ocean & Coastal Management*, 54(1), 77-85. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2010.10.011>

**RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE**

- Mendoza, D. y López, J. (2019). Importancia ecológica de los manglares en Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Medio Ambiente*, 12(2), 45-60.
- Mendoza, D. y López, J. (2020). Pesca artesanal y medios de vida en comunidades de Chinandega. *Revista Nicaragüense de Economía Rural*, 14(2), 33-50.
- Parga, M. L. (2012). Hooks and sea turtles: A veterinary perspective. *Bulletin of Marine Science*, 88(3), 731-741. [https://www.bmis-bycatch.org/system/files/zotero\\_attachments/library\\_1/UV5592RG%20-%20Parga%20-%202012%20-%20Hooks%20and%20sea%20turtles%20a%20veterinarian%27s%20perspectiv.pdf](https://www.bmis-bycatch.org/system/files/zotero_attachments/library_1/UV5592RG%20-%20Parga%20-%202012%20-%20Hooks%20and%20sea%20turtles%20a%20veterinarian%27s%20perspectiv.pdf)
- Posit Team. (2023). *RStudio: Integrated development environment for R* (Version 2023.06.0) [Computer software]. Posit Software, PBC. <https://www.posit.co/>
- Putman, N. F., Richards, P. M., Dufault, S. G., Scott-Denton, E., McCarthy, K. L., Beyea, T. R., Caillouet, C. W., Heyman, W. D., Seney, E. E., Mansfield, K. L., & Gallaway, B. J. (2023). Modeling juvenile sea turtle bycatch risk in commercial and recreational fisheries. *iScience*, 26(2), Article 105977. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.105977>
- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing* (Version 4.3.2) [Computer software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Sales, G., Giffoni, B. B., & Barata, P. C. R. (2008). Incidental catch of sea turtles by the Brazilian pelagic longline fishery. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88(4), 821–825. <https://doi.org/10.1017/S0025315408000441>
- Spenceley, A. (Ed.). (2008). *Responsible Tourism: Critical Issues for Conservation and Development*. Earthscan, publishing for a sustainable future.
- Stacey, N., Karam, J., Meekan, M., Pickering, S., & Ninef, J. (2019). Assessing the effectiveness of co-management arrangements for marine turtle conservation in Indonesia. *Marine Policy*, 109, 103702. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103702>
- Swimmer, Y., Empey, C., McNaughton, L., Musyl, M., & Parga, M. (2014). Post-release mortality estimates of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) caught in pelagic longline fisheries based on satellite data and hooking location. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(4), 498–510. <https://doi.org/10.1002/aqc.2396>
- Thannoo, G., Mitchell, K., & Eckert, S. (2021). *Addressing bycatch in a global leatherback hotspot (SWOT Report No. 16)*. State of the World's Sea Turtles. <https://www.seaturtlestatus.org/articles/swot-report-16-addressing-bycatch-in-a-global-leatherback-hotspot>
- Wallace, B. P., Lewison, R. L., McDonald, S. L., McDonald, R. K., & Crowder, L. B. (2008). Impacts of fisheries bycatch on marine turtle populations worldwide: Toward conservation and research priorities. *Ecological Applications*, 20(2), 398-405. <https://doi.org/10.1890/07-1305.1>
- Watson, J. W., Epperly, S. P., Shah, A. K., & Foster, D. G. (2005). Fishing methods to reduce sea turtle mortality associated with pelagic longlines. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(5), 965-981. <https://cdnsciencepub.com/doi/10.1139/f05-004>
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.
- Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., Jackson, J. B. C., Lotze, H. K., Micheli, F., Palumbi, S. R., Sala, E., Selkoe, K. A., Stachowicz, J. J., & Watson, R. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314(5800), 787–790. <https://doi.org/10.1126/science.1132294>
- World Wildlife Fund. (2024). *Guía para evitar y gestionar redes fantasma: Por la protección del océano y la conservación de las tortugas marinas*. <https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/guia-de-bolsillo-para-evitar-redes-fantasma.pdf>
- Yang, T. (2024). Marine fisheries: Sustainable practices and the impact on ocean biodiversity. *Bio Med*, 16, 694. <https://www.walshmedicalmedia.com/open-access/marine-fisheries-sustainable-practices-and-the-impact-on-ocean-biodiversity-129667.html>

## GUÍA PARA COLABORADORES QUE PUBLICAN EN LA CALERA, REVISTA CIENTÍFICA DE LA UNA

**En la revista La Calera** se dan a conocer resultados de investigación y extensión de los profesionales y grupos que trabajan en ciencias agrarias y ambientales en Nicaragua y más allá de nuestras fronteras.

Con el propósito de promover mayor participación de docentes-investigadores, estudiantes, profesionales e instituciones relacionadas con las ciencias agrarias y ambientales y agilizar el proceso de edición e impresión de la revista, se han considerado las siguientes pautas que deben ser observadas por los colaboradores:

**Política de acceso abierto.** La revista La Calera fomenta el intercambio del conocimiento al permitir el acceso libre e inmediato de su contenido. Sus publicaciones están protegidas y se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons con las atribuciones de Reconocimiento, No Comercial y Compartir Igual.

**Política de cargos por procesamiento de artículos (APC).** La revista La Calera, por declararse de acceso abierto, como parte de la promoción de la ciencia abierta, no establece ningún tipo de cargo por procesamiento de artículos (APC), en ninguna de sus fases de gestión editorial, por lo que todo colaborador (autor), está libre de costos de edición y publicación. Todos los artículos publicados en La Calera pueden ser descargados de forma gratuita.

**Derechos de autor.** Los autores de los escritos (contribuciones) conceden a la **Universidad Nacional Agraria** los derechos de edición de la propuesta enviada, por lo que la universidad cuenta con el derecho exclusivo para publicarla durante el periodo completo de los derechos de autor. Estos derechos de autor incluyen reproducción impresa y electrónica, almacenamiento, recuperación, toda forma de publicación electrónica y cualquier otro tipo de publicación.

Los autores deben certificar que el escrito es original y que no ha sido publicado, igualmente asegurar que no se encuentra sometido a evaluación y posible publicación en otras revistas o sitios electrónicos. Todos los autores expresan que son conocedores del escrito y autorizan su publicación y sus citaciones.

El autor o los autores autorizan a la **Universidad Nacional Agraria** a proteger el artículo contra el uso no autorizado y la facultan para su difusión por medios impresos o electrónicos (PDF, HTML, EPUB, XML, VISOR u otros) y fuentes de información secundaria como servicios de resúmenes y bases de datos.

**Sistema de arbitraje.** El sistema de arbitraje es externo y el tipo de revisión es a ciega doble, por lo que los revisores no

tienen conocimiento de la autoría del escrito y el autor(es) no conocen a los revisores.

La revisión se fundamenta en los siguientes criterios:

Correlación entre el título, objetivos, resultados y conclusiones.

Los objetivos son relevantes para el avance del conocimiento.

La introducción indica la importancia del tema, justificación de la investigación y antecedentes relevantes que fundamentan los objetivos.

La metodología es adecuada para alcanzar los objetivos propuestos.

Los resultados presentan hechos derivados de la metodología, ordenados de manera lógica y objetiva; son claros y entendibles con relevancia para el avance del conocimiento.

Conclusiones concordantes con los resultados y el análisis, y a la vez importantes para el avance del conocimiento.

Bibliografía adecuada y actualizada respecto al tema tratado.

Redacción clara, breve y precisa con organización lógica que facilita su comprensión.

Los revisores podrán recomendar: Publicar con ajustes menores, publicar con ajustes mayores, no publicable.

**Detección de plagio.** Se hace uso del sistema Turnitin para obtener un reporte de similitud o detección de plagio. Este sistema permite conocer si el trabajo incluye información de otras investigaciones sin el debido reconocimiento de derechos de autor.

**Del contenido.** La revista La Calera tiene como propósito contribuir al desarrollo científico técnico del sector agrario y ambiental de Nicaragua mediante la difusión de resultados de investigaciones realizadas por docentes de la UNA y colaboradores y a la proyección nacional e internacional de la Universidad Nacional Agraria. La revista, acoge trabajos de temáticas variadas y a diferentes niveles (básico, aplicados y básicos – aplicados).

Son bienvenidos artículos sobre aspectos científico-técnicos, los mismos, pueden ser escritos desde la perspectiva de una disciplina específica o con visión multi e interdisciplinaria. Los temas de los artículos pueden incluir prácticas innovadoras, nuevas tecnologías, sistemas de cultivo y de fincas, agroforestería, forestería comunitaria, recursos naturales y

## GUÍA PARA COLABORADORES

ambiente, ganadería en sus diversos componentes, medicina veterinaria, evaluaciones socioeconómicas, desarrollo rural, agroindustria, entre otros.

**De los autores.** El autor puede ser toda persona o figura jurídica o corporativa y es el único responsable de preparar y remitir los artículos en forma completa, incluyendo texto, cuadros, figuras (gráficos), fotos y demás ilustraciones. Los escritos deben ser inéditos y en casos excepcionales, versiones adaptadas de publicaciones anteriores. El autor deberá acompañar sus propuestas con una carta de solicitud de publicación y autorización de publicación.

La revista no es responsable de las opiniones y afirmaciones expresadas por los autores en sus páginas. Las ideas de los autores no reflejan necesariamente el punto de vista de la institución.

**De los artículos.** Se aceptan trabajos en formato electrónico, elaborados en programa Word y mediante el sistema operativo Windows o sistemas compatibles. Los escritos deben presentarse a una columna con espacio sencillo; el tamaño de la hoja debe corresponder al diseño carta (21.59 cm por 27.94 cm) y el tipo y tamaño de la letra corresponde a Times New Roman tamaño 10, sin embargo, el resumen, abstract, títulos y notas de figuras y cuadros, así como las referencias bibliográficas en letra tamaño nueve.

Las propuestas deben ser identificados con el nombre del autor (nombres y apellidos), filiación, número ORCID (<https://orcid.org/>) y correo electrónico.

**De la estructura.** Los escritos deben tener un máximo de 10 página (incluye el resumen, abstract y las referencias bibliográficas). La longitud de los artículos será considerada por el comité editorial y será este comité, quien decidirá su publicación, incluso si el trabajo se divide para publicaciones sucesivas de la revista.

**Del estilo.** Se recomienda usar un lenguaje sencillo; títulos, subtítulos y párrafos cortos y evitar el uso de oraciones subordinadas largas. Deben ser claro, breve y preciso.

El autor del artículo es responsable del contenido. El escrito debe ser claro y no contener errores de ortografía, gramática y puntuación. El consejo editorial no es responsable de correcciones ortográficas, gramaticales y de puntuación. El escrito será recibido y aceptado por el consejo editorial y devuelto al autor para los ajustes finales, ya sea de forma como también para chequear la exactitud en los cálculos aritméticos, estadísticos, datos numéricos, textos citados y referencias bibliográficas.

**De los cuadros y figuras.** Todos los cuadros, figuras, ilustraciones, etc., pueden ser hechas a través de cámaras, dibujantes, escaneadas, reducción fotográfica, o hechas en hojas electrónicas y de cálculos. Cada cuadro, figura o ilustración debe realizarse en una hoja separada o intercalada en el texto o contenido, éstos no deben duplicar información. Se pueden usar símbolos literales para aclarar cualquier información y el valor exacto de *p* (valor de *p*) para niveles de significancia estadística.

Los cuadros deben estar en formato editable, sin líneas horizontales y a escala de grises. El tipo de letra es Times New Roman tamaño nueve. En el caso de los cuadros, en la mayoría de los casos no usar cuadrículas; solo líneas de encabezado y cierre. El tamaño de letra para el contenido es nueve.

**De los géneros.** Los géneros definidos por la revista corresponden a:

**Artículo científico.** Es una comunicación científica sobre resultados originales provenientes de un proceso de investigación, conocido también, como artículo original. La extensión máxima del texto es de 10 páginas.

**Artículo de revisión o análisis.** Consiste en un análisis corto de lo que se ha publicado o realizado en temas específicos de las ciencias agropecuarias, recursos naturales o ciencias ambientales en una región o en el país, con el propósito de definir el estado actual del mismo. Sigue un orden cronológico o de sus etapas de desarrollo. Por lo general destaca el avance, los cambios, las contradicciones y tendencias del tema. La extensión máxima del texto es de ocho páginas.

**Uso de medidas.** Deben utilizarse las unidades de medida que corresponden al sistema métrico decimal, pues ha de responder al uso del sistema internacional de medidas (SI). Si se utilizará una unidad local, se deberá colocar entre paréntesis una unidad de equivalencia internacional, *e.g.*, 10 mz (7.03 ha).

**Del contenido de los artículos.** Los artículos deben contener los siguientes aspectos:

**Título.** Debe ser claro, breve y descriptivo, sin exceder 15 palabras (sin contar artículos, preposiciones, locuciones y conjunciones); y reflejar el contenido del texto y el objetivo principal. El título debe ir centrado, escrito en letras minúscula con tamaño de letra 11.

**Autores.** Inicie con el nombre del autor principal, escriba los nombres y apellidos sin grados académicos y separe los autores utilizando comas, a continuación, en línea aparte indique grado académico, filiación o dependencia académica de tra-

## GUÍA PARA COLABORADORES

bajo o estudio; también puede indicar que es un investigador independiente. Indique número ORCID y correos electrónicos. Favor especificar quien es el autor para correspondencia. La lista de autores se ubica inmediatamente después del título y alineados a la izquierda con tamaño de letra 10.

**Resumen.** Debe incluirse el resumen en español y su traducción al inglés (abstract). Se escribe en un párrafo con un máximo de 300 palabras, debe de expresar el por qué y cómo se hizo el estudio. El resumen debe incluir los aspectos más importantes del trabajo: importancia-justificación, objetivo, metodología y las conclusiones más relevantes, apoyadas por resultados cuantitativos o cualitativos específicos de la investigación. En el caso de descripción de alguna especie (animal o vegetal), esta deberá ir acompañada de su respectivo nombre científico y del descriptor. La información en esta sección debe ser congruente con la que se presente en las demás secciones del artículo. No usar abreviaturas.

**Palabras clave.** Se ubican inmediatamente debajo de la última línea del resumen. Pueden ser palabras o frases cortas (entre cuatro y ocho). Su objetivo es facilitar la búsqueda bibliográfica en bases de datos computarizados o publicaciones que recogen el artículo condensado. Deben seleccionarse palabras que identifiquen el artículo y ser diferentes a las que conforman el título de la publicación. El abstract también incluye la traducción de las palabras clave (*Keywords*).

**Abreviaturas.** Se debe poner el significado de todas las abreviaturas que aparecen en el texto. Se recomienda hacer una lista alfabética de abreviaturas o de las más comunes usadas en el escrito, algunos términos pueden ser abreviados en el texto y no necesariamente deben ser incluidos en la lista de abreviaciones por ejemplo (etc., *i.e.*, *e.g.*, Ej.). Hay algunas abreviaturas que son de dominio de la comunidad científica, por tanto, no es necesario incluirlas en el listado.

**Introducción.** Señalar claramente al lector la importancia del tema, la justificación de la investigación y los antecedentes bibliográficos relevantes que fundamentan las hipótesis y los objetivos planteados. Es decir, debe indicarse con claridad por qué y para qué se hizo la investigación, así como qué información publicada existe al respecto. Lo anterior significa que no habrá un capítulo específico de revisión de literatura, sino que ésta se presentará en la introducción.

Los antecedentes deben apoyarse con bibliografía reciente, para que se conozca el nivel actual del tema. Solo se aceptarán citas bibliográficas, publicadas fundamentalmente (no se admitirán notas de curso, información mimeografiada o de artículos en revisión). Los antecedentes bibliográficos deben estar redactados de manera congruente y ordenada con

relación al tema del escrito. Evitar la redacción en forma de “listas de referencias” así como las “referencias múltiples” para reforzar un solo concepto que la mayoría de las veces es demasiado general, debiendo hacerse un uso preciso y específico de las referencias citadas (ver en esta sección acápite sobre referencias bibliográficas). Al final de la introducción, debe describirse el propósito o los objetivos del trabajo.

**Materiales y métodos.** Se describen los materiales y procedimientos utilizados, las variables y sus mediciones, así como sus unidades de medida y el tratamiento estadístico, si lo hubiera. En el caso de una investigación no experimental, indicar los instrumentos de registro de información y su análisis. Es necesario aportar la información suficiente de cada variable, de manera que cualquier investigador pueda repetir el estudio. La información en esta sección debe ser congruente con los objetivos planteados. Anotar los modelos y marcas de los instrumentos utilizados. Los métodos de laboratorio también deben ser suficientemente descritos para poder reproducirlos; si son comunes, bastará con indicar la referencia bibliográfica.

**Resultados y discusión.** Se presentarán los hechos derivados de la metodología, ordenados de manera lógica y objetiva, con ayuda de cuadros y figuras (fotografías, dibujos, mapas, esquemas o gráficos). La información de resultados debe presentarse en forma clara, sin recurrir a la repetición de datos en cuadros y figuras.

No basta con presentar resultados en forma de cifras, sino que es necesario interpretarlos con base en razonamientos claros, objetivos e imparciales. Además, se debe discutir su significancia de acuerdo con su similitud o contraste con los publicados por otros autores. Deben discutirse las posibles causas de tales diferencias y plantear opciones para futuros estudios. En este capítulo pueden añadirse nuevas referencias bibliográficas que no se habían incluido en la introducción.

En esta sección el autor debe cotejar sus hipótesis. En consecuencia, es importante que la discusión se base en los resultados y que ambos sean congruentes con los objetivos y las metodologías descritas en las secciones respectivas. Deben evitarse las explicaciones extensas a diferencias numéricas que no son apoyadas por pruebas estadísticas o a variables no medidas en la investigación (dando lugar a especulaciones). En todo caso, las explicaciones propositivas o especulativas serán válidas en la discusión, siempre que estén debidamente apoyadas con referencias bibliográficas o mediante razonamientos claros y correctos, pero sin ocupar más párrafos que la discusión de los propios resultados.

## GUÍA PARA COLABORADORES

**Conclusiones.** Indicar de manera categórica, breve y precisa los aportes concretos al conocimiento apoyados por los resultados demostrables y comprobables del trabajo, no de investigaciones ajenas. Ninguna conclusión debe argumentarse ni basarse en suposiciones. No enumerar las conclusiones ni emplear abreviaturas, sino términos completos, de manera que el lector no tenga que recurrir a otras partes del texto para entenderlas. Debe haber congruencia con la información que se presente en el resumen.

**Referencias bibliográficas.** Esta sección está formada por la lista en orden alfabético y cronológico de todas las referencias citadas en el texto. Las referencias deben tener la información completa y presentarse según las normas **APA (American Psychological Association)** última edición.

Las referencias bibliográficas deben contener la siguiente información:

**DOCUMENTOS IMPRESOS** Autor: apellido(s) e inicial(es) del o los nombres). /año de publicación (entre paréntesis). / título del trabajo y subtítulo, si hay, separados por dos puntos (en itálicas). /edición: a partir de la segunda edición, se abrevia con (ed.) (minúsculas y va entre paréntesis). /lugar de publicación. /editorial.

**LIBROS:** Apellido(s), inicial(es) del nombre(s). (año de publicación). *Título del libro*: Subtítulo (número de edición a partir de la segunda). Editorial.

Dutta, D., Lukose, L. Samanta, S. (2020). *Aplicación de la teledetección hiperespectral en estudios de cultivos y suelos*. Académica Española.

Montané de la Vega, R. (2015). *Ecología y conservación ambiental* (2a ed). TRILLAS.

**CAPÍTULO DE LIBRO:** Apellido(s), inicial(es) del nombre(s) del autor del capítulo. (año de publicación). Título del capítulo. En iniciales del nombre(s), seguido de los apellidos del editor, *Título del libro* (en cursiva) (páginas del capítulo). Nombre de la primera editorial; nombre de la segunda editorial.

Carlier, J., Fouré, E., Gauhl, F., Jones, D. R., Lepoivre, P., Mourichon, X., Pasberggauhl, C. & Romero, R. A. (2000). Black leaf streak. En D. R. Jones (Ed.), *Diseases of Banana, Abacá and Enset* (pp. 37-79). CAB International.

Salazar, C. D. y Munguía, H. R. (2010). Estrategias para la elaboración e implementación de la curricula del diplomado en sistemas de calidad en la producción de café con

responsabilidad ambiental, social y empresarial. En F. Alemán, H. Medrano, A. Norgren, A. Reyes y S. Scheinberg (Eds.). *Innovaciones en las universidades nicaragüenses: casos exitosos* (pp 163-171). Consejo Nacional de Universidades; Universidad Nacional Agraria.

**TESIS:** Apellido, A., y Apellido, A. (Año). *Título de la tesis* [Tesis de Ingeniería, Licenciatura, maestría o doctoral]. Nombre de la institución.

Reynosa Correa, C. M. y Díaz Mena, F. M. (2016). *Estado de los suelos y capacidad de uso de la tierra en la finca El Cacao, La Fonseca – Kukra Hill* [Tesis de Ingeniería]. Universidad Nacional Agraria.

**PUBLICACIONES PERIÓDICAS:** Apellido(s) e inicial(es) del nombre(s) del o los autores. /fecha de publicación. /título del artículo. /título de la revista. /volumen. /número si es una revista de paginación separada. /páginas, si es un periódico o revista ilustrada que trata temas variados se utiliza p. o pp. antes del número o números de la página. Si se trata de una revista, únicamente se indica los números de página sin poner p. o pp.

**ARTÍCULO DE REVISTA CIENTÍFICA:** Apellido(s), Inicial(es) del nombre(s). (año). Título del Artículo. *Nombre de la Revista*, Vol (No.), página inicial - página final del artículo.

Larios-González, R. C., Salmerón-Miranda, F. y García-Centeno, L. (2014). Fertilidad del suelo con prácticas agroecológicas y manejo convencional en el cultivo de café. *La Calera*, 14(23), 67-75.

Liebman, M., Corson, S., Rowe, R. J. y Halteman, W. A. (1995). Dry bean responses to nitrogen fertilizer in two tillage and residue management systems. *Agronomy Journal*, (87), 538-546.

## DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS

**LIBRO ELECTRÓNICO:** Apellido(s), inicial(es) del nombre(es) del autor. (Año de publicación). *Título del libro en cursiva*. Editorial. URL

Jiménez-Martínez, E. y Rodríguez, O. (2014). *Insectos plagas de cultivos en Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/2700/1/NH10J61ip.pdf>

**ARTÍCULO DE PUBLICACIÓN PERIÓDICA CON DOI:** Apellido(s), inicial(es) del nombre(es). (Año de publicación). Título del artículo de la revista. *Nombre de la revista*. Vol. (No.), página inicial - página final del artículo. DOI

## GUÍA PARA COLABORADORES

Treminio Corea, M. L., Mendoza Corrales, R. B. y Garmendia Zapata, M. A. (2023). Erodabilidad en suelos Andisoles, Mollisoles y Vertisoles de la región del Pacífico de Nicaragua. *La Calera*, 23(41), 99-104. <https://doi.org/10.5377/calera.v23i41.16678>

**ARTÍCULO DE REVISTA EN LÍNEA:** Apellido(s), inicial(es) nombre(s). (año). Título del artículo. *Nombre de la Revista*, Vol.(No.), página inicial - página final del artículo. URL

Escoria, J. C., Arauz Espinoza, J. L., Sánchez Gómez, I. E. y Lanuza Rodríguez, E. H. (2023). Identificación fenotípica de mecanismo de resistencia de las bacterias Burkholderia gladiolii y Burkholderia plantarii y sensibilidad in vitro a bactericidas de uso agrícola. *La Calera*, 23(41), 84-90. <https://lacalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/538>

**TESIS DE UNA BASE DE DATOS INSTITUCIONAL (REPOSITORIO INSTITUCIONAL):** Apellido(s), inicial(es) nombre(s). (año). *Título de la tesis* [Tesis de ingeniería, licenciatura, maestría o doctoral, nombre de la institución que otorga el título]. Repositorio Institucional. URL

Galeano Calderón, J. R. y Gámez Martínez, M. (2023). *Planeación estratégica para el fortalecimiento del turismo rural en el Centro Turístico Rancho Vuelo del Águila, Jalapa-Nueva Segovia, 2022* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/4659/1/tne20g152.pdf>

**SITIO O PAGINA WEB:** Autor, A. (año, mes día). *Título del documento en cursiva*. Nombre del sitio. <http://xxxxxxxxxx>

Normas APA. (2019, septiembre 26). *Formato de documento con normas APA*. <http://normasapa.com/formato-apa-presentacion-trabajos-escritos>

**SOFTWARE:** Apellido(s), inicial(es) del nombre(s). (Nombre del grupo). (año). *Título de la obra* (versión) [software de computador]. Fabricante. URL

SAS Institute. (2003). *Statistical Analysis System* (versión 9.1) [software]. <https://www.sas.com/>

**LEYES:** Organismo que decreta la norma. (Año, día de mes). Denominación numerada. Nombre completo de la norma. Publicación donde se aloja. URL

Asamblea Nacional de Nicaragua. (2013, 8 de marzo). Ley N° 835. Ley de Turismo Rural Sostenible de la República de Nicaragua. Diario Oficial No. 184. <https://rb.gy/bvjhf1>

**COMUNICACIONES PERSONALES:** Debido a que las mismas no proporcionan datos recuperables, las comunicaciones personales no se incluyen en la lista de referencias. Cite solo en el texto (donde corresponda) y proporcione: las iniciales y el apellido del emisor, así como una fecha exacta como sea posible.

Iniciales nombre(s). Apellido del emisor (comunicación personal, día de mes, año).

R. C. Larios-González (comunicación personal, 25 de marzo, 2023) declaró que su...

(A. N. Ortiz-Aragón, comunicación personal, 28 de septiembre, 2022).

**Citas en el texto.** La cita bibliográfica textual se anota utilizando el apellido del autor, la fecha de publicación y la página citada entre paréntesis, por ejemplo, (Bendaña, 1998, p. 7). Cuando la cita es indirecta (se menciona la idea del autor, pero no se cita textualmente), no se coloca la página de la referencia. Cuando hay más de dos autores se escribe el apellido del primer autor seguido de et al (Puga-Torres *et al.*, 2023). Los artículos del mismo autor se citan cronológicamente (González, 2022 y 2023). Artículos del mismo autor publicados el mismo año se citan alfabéticamente (García, 2022 a y b).

Para profundizar acerca de la forma correcta de citar y referenciar a través de la utilización de las normas APA, se sugiere consultar: <https://normas-apa.org/wp-content/uploads/Guia-Normas-APA-7ma-edicion.pdf>

**Agradecimientos.** Esta sección se incluirá en caso de que se desee dar reconocimiento a personas o instituciones que asesoraron o auxiliaron la investigación; indicando el nombre de la institución donde laboran, así como la forma y medida en que se haya dado la colaboración.

**Anexos (cuando sea necesario).** Pueden presentarse cuadros, gráficos, dibujos, fotos etc., las cuales serán opcionales y quedarán al criterio del comité editorial tomarlas en cuenta a la hora de la publicación, sobre todo cuando éstas estén bien explícitas, claras y bien fundamentadas.

**Otros.** Los encabezados o títulos de primer orden (MATERIALES Y MÉTODOS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN, etc.), se escriben con letra mayúscula, centrados y en negrita; los de segundo orden se escriben en letra minúscula, utilizando la condición de negrita, punto y seguido y a continuación el contenido al que se hace referencia. No se debe enunciar el encabezado INTRODUCCIÓN ya que ésta sección marca el inicio del artículo.

# Contenido

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

FAUNA SILVESTRE QUE SE ALIMENTA DE FRUTOS DE CACAO EN PLANTACIONES DE RÍO SAN JUAN, NICARAGUA. Miguel Garmendia-Zapata, Kevin Ramírez, Yuri Alemán, Oscar Bermúdez, Andrés López, Wilmer Rodríguez.

ESTRATEGIAS PARA PROMOVER UNA CONVIVENCIA ARMONIOSA ENTRE LA FAUNA SILVESTRE Y LA PRODUCCIÓN DE CACAO. Miguel Garmendia-Zapata, Kevin Ramírez, Yuri Alemán, Oscar Bermúdez, Andrés López, Wilmer Rodríguez.

ENTOMOFAUNA PRESENTE EN LA ETAPA INICIAL DE DESARROLLO DE ÁRBOLES PLANTADOS EN BOSQUE LATIFOLIADO, PANZÓS, ALTA VERAPAZ, GUATEMALA. Claudia Elizabeth Toledo-Perdomo, María Floridalma Miguel-Ros, Homero Javier Castañón Morán, José Luis Morán Torres

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN NICARAGUA: UN ANÁLISIS DESDE LA SANIDAD VEGETAL. Juan Carlos Morán Centeno.

## DESARROLLO RURAL

TURISMO RURAL COMO ALTERNATIVA DE DESARROLLO LOCAL EN NICARAGUA. Carmen Anielka Arróliga Montenegro, María Estela López Aburto.

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

CONTRIBUCIÓN DE ÁREAS VERDES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA (UNAN-LEÓN), EN LA CAPTURA DE CARBONO ATMOSFÉRICO. Oscar González-Quiroz, Gonzalo Centeno-González, María Eugenia Cerdá Castillo, Aquiles Alexander Reyes, Japhet Gimel Medrano Peralta, Tamauri Estephany Rayo Ríos, Juan Antonio Vallejos Pichardo, Guillermo Santiago López Rivas.

SISTEMA ACUAPÓNICO INTEGRADO POR TILAPIA (*Oreochromis niloticus* L.) Y TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) COMO ESTRATEGIA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA EN PRODUCCIÓN A PEQUEÑA ESCALA. Frankling Alexander Calero Montano, Cristofer Antonio Oliva Hernández, Denis Joel Ruiz Hernández, Donald Alonso Juárez Gámez, Roberto Carlos Larios González.

## CIENCIA DE LAS PLANTAS

CONTROL BIOLÓGICO DE *Radopholus similis* (COBB) THORNE MEDIANTE EL USO DE BACTERIAS Y HONGOS ENDÓFITOS EN *Musa paradisiaca* L. Markelyn Rodríguez-Zamora, Juan Carlos Morán Centeno, Jorge Ulises Blandón-Díaz, Alfonso Martinuz.

DESINFECCIÓN Y VIABILIDAD *in vitro* DE MICORRIZAS ARBUSCULARES ASOCIADAS A LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.) PARA LA ESCALABILIDAD DE INOCULANTES NATIVOS DE ALTA PUREZA. Andrea María Zamora Jarquín, Ericka Olmara Cabezas Fonseca, Carlos Ernesto Orozco Noguera, Jael BILDAD Cruz Castillo.

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

RELACIÓN DEL ARTE DE PESCA Y CARNADAS CON LA PESCA INCIDENTAL DE TORTUGAS MARINAS EN LA RESERVA NATURAL ESTERO PADRE RAMOS, CHINANDEGA, NICARAGUA. Miguel Garmendia-Zapata, Heraldo Salgado, Ronald Miranda, Jorge Lezama, Heydi Salazar.



ISSN 1998 - 7846

A standard linear barcode is positioned vertically on the left side of the page. Below the barcode, the ISSN number is repeated: 91771998784005.

**www.una.edu.ni**  
Dirección Académica