



ISSN 1998 - 7846

LACALERA





LA CALERA

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 de Investigación,
Extensión y Posgrado
(DIEP)

Apartado postal 453
Managua, Nicaragua
(505) 2233-1265 / 2233-1267

donald.juarez@ci.una.edu.ni
Sitio web: www.una.edu.ni
Revista La Calera:
<http://lacialera.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 de Investigación Extensión y Posgrado (DIEP) de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

Datos de publicación: La Revista La Calera, es una publicación semestral (junio y diciembre) 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 Latindex:

La Calera en línea: <http://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=20227>

La Calera impresa: <http://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=12666>

e indizada en los siguientes directorios, catálogos y repositorios:

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

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

Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico: <https://redib.org/>

Latin American Journal On Line (LAMJOL): <https://www.lamjol.info/index.php/CALERA>

Portal de revistas nacionales de Nicaragua: <https://www.revistasnicaragua.net.ni/index.php/CALERA>

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

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

Repositorio Universitario CNU: <http://repositorio.cnu.edu.ni/>

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



© Copyright 2023. Universidad Nacional Agraria

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

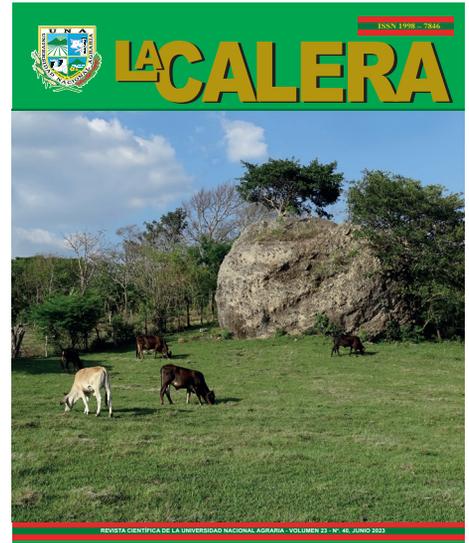


Foto de portada: Sistema de pastoreo con árboles en contorno, Los Llanos, San Francisco, Estelí, Nicaragua. **Foto:** MSc. Roberto Carlos Larios González.

Revista La Calera

Revista Científica de la Universidad Nacional Agraria, volumen 23, N° 40, junio, 2023.

Publicación semestral: ISSN 1998 – 7846 (versión impresa) * 1998 – 8850 (versión electrónica).

Publicaciones periódicas, Nicaragua, Agricultura, Universidad Nacional Agraria.

Publicación de la Universidad Nacional Agraria (UNA)

Autoridades Institucionales

MSc. Alberto Sediles Jaén
Rector

MSc. Fanny Sumaya Castillo Lara
Vicerrectora General

PhD. Guillermo del Carmen Reyes Castro
Secretario General

Consejo editorial:

Director

MSc. Donald Juárez Gámez
Dirección de Investigación, Extensión y
Posgrado
donald.juarez@ci.una.edu.ni

Editor

MSc. Roberto C. Larios González
Dirección de Investigación, Extensión y
Posgrado
roberto.larios@ci.una.edu.ni

Miembros

Dr. Fidel Guzmán Guillen
Universidad Nacional Agraria, Nicaragua
fidel.guzman@ci.una.edu.ni

Dr. Fernando Mendoza Jara
Universidad Nacional Agraria, Nicaragua
fmendoza@ci.una.edu.ni

Dr. Pedro Pablo del Pozo Rodríguez
Universidad Agraria de La Habana, Cuba
delpozo@unah.edu.cu

Dr. Leonardo Mendoza Blanco
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
UNAN-León
lmendoza@ct.unanleon.edu.ni

Dra. Maricela María González Pérez
Universidad de Pinar del Río, Cuba
maricela@upr.cu

Dr. Róger E. Sánchez Alonso
Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua
roger.sanchez@di.uni.edu.ni

Dr. Alvaro José Noguera Talavera
Universidad Nacional Agraria, Nicaragua
alvaro.noguera@ci.una.edu.ni

Dr. Lester Raúl Rocha Molina
Universidad Nacional Agraria, Nicaragua
lester.rocha@ci.una.edu.ni

Diagramación / Soporte técnico

Ing. Ernesto Correa Vásquez
Universidad Nacional Agraria, Nicaragua
ecorrea@ci.una.edu.ni

Esta es una publicación de la Universidad
Nacional Agraria (UNA), a través de la Dirección
de Investigación, Extensión y Posgrado (DIEP).

contenido

CIENCIA DE LAS PLANTAS

DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES BACTERIANAS EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) Y SENSIBILIDAD *in vitro* A BACTERICIDAS DE USO AGRÍCOLA. Edwin Eliezar Cuadra Arauz, Yolanda Yanet Gutiérrez Gaitán, Isaías Ezequiel Sánchez Gómez, Sandra Patricia Contreras Estrada.

P 1-8

EFFECTO DEL NITRÓGENO Y AMINOÁCIDOS LIBRES EN LAS POBLACIONES DE TRIPS (INSECTA: THYSANOPTERA) EN EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus vulgaris* L.). Claudia E. Toledo-Perdomo, Maribel A. González T., Antonieta Guadalupe Rodas.

P 9-14

DETECCIÓN DE *Candidatus* Liberibacter asiaticus Y FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Diaphorina citri* KUWAYAMA (HEMIPTERIA: LIVIIDAE) EN VIVEROS DE CÍTRICOS DE MASAYA, NICARAGUA. Carlos Joel Melgara Maradiaga, Jorge Ulises Blandón Díaz.

P 15-21

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

ASOCIOS DE CULTIVOS EN CAMELLONES PREHISPÁNICOS Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO. Moisés Agustín Blanco Navarro, Bryan Mendieta, Lester Rocha.

P 22-29

CARBONO ALMACENADO EN SISTEMAS AGROFORESTALES CON CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN TRES MUNICIPIOS DE BOACO, NICARAGUA. Edwin Freddy Ortega Tórrez, Rodolfo de Jesús Munguía Hernández, Jorge Ulises Blandón Díaz.

P 30-39

MALFORMACIONES CONGÉNITAS EN EMBRIONES Y NEONATOS DE LA TORTUGA MARINA PASLAMA (*Lepidochelys olivácea*, ESCHSCHOLTZ, 1829) RELOCALIZADOS EN VIVEROS. Alessandro Gómez-Santana, Oscar González-Quiroz

P 40-48

AGROSOCIOECONOMIA

IMPACT ANALYSIS, RISK PERCEPTION AND ADOPTION OF MITIGATION STRATEGIES AMONG FARMERS IN NIGER STATE, NIGERIA, AFRICA. Adedayo Olufemi Adekunle, Rapheal Olanrewaju Babatunde, Matthew Durojaiye Ayeni

P 49-57

DESARROLLO RURAL

CAMBIO CLIMÁTICO Y VULNERABILIDAD DE LOS MEDIOS DE VIDA DE FAMILIAS RURALES EN TRES MUNICIPIOS DE MADRIZ, NICARAGUA, 2010-2022. Lesly Josué Buezo Cáceres, Jairo Emilio Rojas Meza

P 58-66

CIENCIA ANIMAL

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES HUMANOS PARA CONSEGUIR LA PREÑEZ DE CERDAS INSEMINADAS ARTIFICIALMENTE. Elizabeth Villarroel-Barrios

P 67-76

AGROINDUSTRIA

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA LECHE DE VACA PRODUCIDA EN LA FINCA LAS MERCEDES, MANAGUA, NICARAGUA. María Nelly Salazar Cerda, Claudio Pichardo Hernández, Erick Josué Blandón López

P 77-83

CIENCIA DE LAS PLANTAS

Diagnóstico de enfermedades bacterianas en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) y sensibilidad *in vitro* a bactericidas de uso agrícola

Diagnosis of bacterial diseases in coffee cultivation (*Coffea arabica* L.) and *in vitro* sensitivity to bactericides for agricultural use

Edwin Eliezar Cuadra Arauz¹, Yolanda Yanet Gutiérrez Gaitán², Isaías Ezequiel Sánchez Gómez³, Sandra Patricia Contreras Estrada⁴

¹ Ingeniero Agrónomo, graduado de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6863-3478> / cuadradwin33@gmail.com

² MSc. Fitopatología, investigadora independiente, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4960-5775>, yanetgu9@hotmail.com

³ MSc. en Sanidad Vegetal, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Departamento de Protección Agrícola y Forestal, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6604-1660> / isanchez@ci.una.edu.ni

⁴ Ingeniero Agrónomo, investigadora independiente, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1310-4760> / pcontreras120@yahoo.com
Autor de correspondencia: isanchez@ci.una.edu.ni



RESUMEN

La producción de café está limitada por plagas que reducen las cosechas y disminuyen su calidad. Los objetivos de esta investigación fueron la identificación de bacterias fitopatógenas, descripción de síntomas en campo y sensibilidad *in vitro* a bactericidas de uso agrícola. Se seleccionaron cuatro fincas cafetaleras en el departamento de Jinotega y una en el departamento Matagalpa, con antecedentes de enfermedades bacterianas; las muestras de tejido colectadas consistieron en hojas, bandolas, frutos, y flores. La identificación de géneros de bacterias fitopatógenas se realizó a partir de características morfológicas de crecimiento bacteriano y presencia de pigmentos fluorescentes en King B. La identificación de especies de bacteria se realizó con prueba de oxidasa y pruebas de producción de ácidos a partir de carbohidratos. La patogenicidad de las bacterias se evaluó mediante la prueba de hipersensibilidad en plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) como planta no huésped. La sensibilidad e inhibición de las bacterias a bactericidas se determinó mediante el método de Bauer-Kirby (método de difusión en agar) y fue evaluado en diámetros (mm). Los bactericidas evaluados fueron, clorhidrato de oxitetraciclina 5 WP, estreptomycin más oxitetraciclina 16. 5 WP, ácido oxolinico 20 WP y sulfato de cobre 24 SC. Las especies de bacterias identificadas fueron *Pseudomonas syringae*, *Pseudomonas corrugata* y *Pseudomonas cichorii*. En esta investigación *Pseudomonas cichorii* fue la más frecuente en los diferentes aislados, *Pseudomonas syringae*, fue aislada en todas las variedades de café muestreadas. Las especies de bacterias aisladas resultaron positivas a la prueba de hipersensibilidad, indicando

ABSTRACT

Coffee production is limited by pests, which reduce yields and lower quality. The objectives of this research were the identification of phytopathogenic bacteria, description of symptoms in the field and *in vitro* sensitivity to bactericides for agricultural use. Four coffee farms from the department of Jinotega and one from the department of Matagalpa, with a history of bacterial diseases, were selected; the tissue samples collected consisted of leaves, bandolas, fruits, and flowers. The identification of genera of phytopathogenic bacteria was carried out from the morphological characteristics of bacterial growth and the presence of fluorescent pigments in King B. The identification of bacteria species was carried out with an oxidase test and acid production tests from carbohydrates. The pathogenicity of the bacteria was evaluated by means of the hypersensitivity test in tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.) as a non-host plant. The sensitivity and inhibition of bacteria to bactericides was determined by the Bauer- Kirby method (agar diffusion method) and was evaluated in diameters (mm). The bactericides evaluated were oxytetracycline hydrochloride 5 WP, streptomycin plus oxytetracycline 16. 5 WP, oxolinic acid 20 WP and copper sulfate 24 SC. The species of bacteria identified were *Pseudomonas syringae*, *Pseudomonas corrugata* and *Pseudomonas cichorii*. In this investigation *Pseudomonas cichorii* was the most frequent in the different isolates, *Pseudomonas syringae* was isolated in all the coffee varieties sampled. The isolated bacterial species were positive to the hypersensitivity test, indicating that they are pathogenic for coffee cultivation. The symptoms on leaves, branches and flowers

Recibido: 29 de julio del 2022
Aceptado: 2 de febrero del 2023



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 2023. Universidad Nacional Agraria (UNA).

CIENCIA DE LAS PLANTAS

ser patógenas para el cultivo de café. Los síntomas en hojas, bandolas y flores causados por *Pseudomonas* spp son manchas de coloración pardo-oscuro, de forma y tamaño irregular, rodeada, generalmente por halos amarillentos y traslucidos. El bactericida que mostró mejor efecto al mostrar mayores diámetros en los halos de inhibición bacteriano fue el ácido oxolínico.

Palabras clave: *Pseudomonas* spp, bacteria, patogenicidad, hipersensibilidad.

caused by *Pseudomonas* spp are dark-brown spots, irregular in shape and size, generally surrounded by yellowish and translucent halos. The bactericide that showed the best effect by showing larger diameters in the bacterial inhibition halos was oxolinic acid.
Key words: *Pseudomonas* spp, bacterium, pathogenicity, hypersensitivity.

El café es considerado un producto de importancia en la economía mundial y hasta el inicio de la crisis internacional del café, era el segundo producto con más valor en el mercado después del petróleo. Este grano se produce en más de 70 países alrededor del mundo, de estos 45 son miembros de la Organización Internacional del Café (OIC), que en su conjunto representan el 97 % de la producción mundial de café, según el Ministerio de Fomento Industria y Comercio (MIFIC, 2008).

En Nicaragua el café es cultivado por 44 000 productores en un área de 125 874 ha distribuidas en 10 departamentos, predominando el área de siembra en la zona norte del país. Constituye el primer producto de exportación llegando a alcanzar el 18 % total de las exportaciones, con una producción de 2 493 t. Genera el 53 % del empleo agropecuario nacional, el 21 % del PIB agrícola del país y el 2 % de PIB Nacional [Banco Central de Nicaragua, (BCN, 2017)].

Existe una diversidad de plagas insectiles y enfermedades que afectan a este cultivo y juegan un papel fundamental sobre la productividad y rentabilidad de las plantaciones. En las últimas décadas, en los cafetales centroamericanos y otras partes del mundo, se destacan enfermedades como roya del café, ojo de gallo y antracnosis (Avelino y Rivas, 2013). Actualmente la producción de café es mermada al igual que todos los cultivos, por las alteraciones de las condiciones climáticas, que se reflejan en el incremento de las temperaturas, sequías, inundaciones y cambios en los patrones del viento; estos eventos pueden causar cambios en el equilibrio de los agroecosistemas y favorecer el desarrollo de nuevas plagas.

En Brasil las enfermedades bacterianas causadas por el género *Pseudomonas* fueron detectadas por primera vez a finales de 1955 en cafetales del municipio de Garca, estado de Sao Paulo, incidiendo en hojas, bandolas y frutos. Los síntomas se caracterizan por ser manchas de coloración pardo-oscuro, de forma y tamaño irregular, rodeada, generalmente por halos amarillentos (Costa y Silva, 1960). Las enfermedades de origen fungoso han predominado en el sistema café, en zonas cafetaleras de Nicaragua, no obstante, han sido reportada algunas especies de bacteria; como *Pseudomonas cichorii* Swingle 1925, indica el Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA, 2016).

Estas enfermedades han sido poco estudiadas y en muchas ocasiones la sintomatología es confundida por deficiencias de nutricionales.

Existe limitada información acerca de la etiología y características sintomatológicas, que ocasionan las bacterias fitopatógenas en este cultivo, así como las condiciones climáticas que favorecen su desarrollo. Para el manejo de estas enfermedades bacterianas en el cultivo del café, se ha incluido las aplicaciones de bactericidas como Estreptomina + oxitetraciclina 16.5 WP, Estreptomina 20 SP y Sulfato de cobre más oxitetraciclina 32 SC.

Actualmente entre los principales desafíos en el desarrollo de la caficultura nicaragüense, está el diagnóstico presuntivo de campo de las enfermedades bacterianas y el diagnóstico asertivo de la identificación de las especies bacterianas; utilizando métodos convencionales y moleculares para la respectiva identificación de especies y patovares. El propósito de esta investigación radica en la identificación de especies bacterianas, descripción de los síntomas asociados a las enfermedades que afectan el cultivo de café. Además de la determinación de la sensibilidad in vitro de algunos productos utilizados como bactericidas en el manejo de estas enfermedades. La información obtenida establecerá pautas para próximas investigaciones sobre el comportamiento y epidemiología de las enfermedades bacterianas en el cultivo del café en Nicaragua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo y ubicación del estudio. El estudio fue descriptivo y se desarrolló en dos etapas. En la primera etapa se colectó muestras de tejido vegetal enfermo en plantaciones de café en los departamentos de Matagalpa y Jinotega. La segunda etapa consistió en el procesamiento de las muestras en el laboratorio de microbiología vegetal de la Universidad Nacional Agraria, ubicado en el km 12 ½ de la Carretera Norte en Managua, cuyas coordenadas geográficas corresponden a 12°08'33" latitud Norte y 86°10'31" longitud Oeste.

Colección de muestras. Las fincas cafetaleras fueron seleccionadas por presentar antecedentes de enfermedades bacterianas. En el departamento de Matagalpa fue seleccionada la finca El Limón, mientras que en Jinotega las fincas fueron El Cairo, El Palacio, Los Potrerillos y Santa Maura. Se colectó un total de 30 muestras de tejido vegetal

CIENCIA DE LAS PLANTAS

enfermo, que incluyeron hojas, bandolas, flores y frutos. El tipo de colecta fue selectiva o dirigida en plantas con posibles síntomas de enfermedad bacteriana y se realizaron anotaciones acerca de las características morfológicas de los síntomas. En cada finca se levantó el historial del cultivo (área cultivada, variedades, edad de la plantación, manejo fitosanitario, otros manejos agronómicos, temperatura y altitud).

Descripción de síntomas de tejido vegetal enfermo. Se describieron los síntomas de muestras de tejido colectadas. Estas fueron observadas al estereoscopio y se seleccionaron muestras con características de manchas bacterianas y presencia de exudados bacterianos. Posteriormente se realizó el proceso de aislamiento e identificación de género y especie de bacteria (Raimundi, 2013; Rivero, 2017).

Identificación de bacterias fitopatógenas en tejido vegetal. El proceso de identificación de las bacterias fitopatógenas consistió en el aislamiento de las bacterias en tejido vegetal enfermo; se utilizó la técnica de inducción al crecimiento bacteriano. Se realizaron pruebas bioquímicas, para identificación de especies de bacterias y prueba de reacción de hipersensibilidad en plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) por ser una especie no huésped de bacterias que afectan al cultivo de café, y de esta manera comprobar la patogenicidad de las bacterias identificadas.

Técnica de inducción al crecimiento bacteriano. La técnica de inducción al crecimiento para el aislamiento de bacterias de tejido vegetal enfermo consistió en la realización de cortes de 5 mm de tejido vegetal con síntomas de enfermedad bacteriana y se desinfectó con hipoclorito de sodio al 0.5 % y alcohol histológico al 95 %, posteriormente se lavó con agua destilada estéril y se realizó secado en superficie de papel filtro estéril, se sembró en cinco platos por muestra y cinco cortes por plato en medio agar nutritivo (AN). Finalmente, los platos se sellaron con Parafilm y rotulados con la debida información (Gutiérrez, 2012).

Identificación de géneros y especies de bacterias fitopatógenas mediante características morfológicas y pruebas bioquímicas. La identificación de géneros de bacterias fitopatógenas se realizó a partir cultivos puros de colonias bacterianas, con crecimiento de 24 horas; esta consistió, en observar las características morfológicas de crecimiento de colonias bacterianas que incluyen forma, color, aspecto y presencia de pigmentos fluorescentes en medio agar *Pseudomonas* (King B). Se realizaron las pruebas de hidróxido de potasio al 3 % (KOH al 3 %), oxidasa y Tinción Gram. Para identificación de especies se realizaron las pruebas de producción de ácidos a partir de sorbitol, celobiosa, trehalosa, sacarosa (Schaad, 2001).

Prueba de hipersensibilidad en planta no huésped. Para las pruebas de hipersensibilidad, se estableció un vivero de plántulas de tabaco. Las plántulas fueron inoculadas cuando alcanzaron un crecimiento entre 20 cm y 25 cm de altura. Por cada plántula se inoculó las bacterias previamente identificadas, un control positivo que consistió en la inoculación de *Ralstonia solanacearum* obtenido del laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria (UNA) y un control negativo que consistió en la infiltración agua destilada estéril.

Se preparó una suspensión bacteriana de 1×10^{-8} a partir de cultivos puros con 48 horas de incubación. La inoculación se realizó en hojas totalmente expandidas, utilizando una jeringa hipodérmica, para infiltrar la suspensión bacteriana en los espacios intervenales. Las plántulas fueron irrigadas con agua destilada estéril y cubiertas con bolsas plásticas para crear condiciones de humedad. Se evaluó la reacción de hipersensibilidad positiva, mediante la observación de lesiones necróticas localizadas o la presencia de halos cloróticos amarillos a las 48 horas y 72 horas después de la inoculación (Raimundi, 2013).

Prueba de sensibilidad *in vitro* a bactericidas. Las bacterias que resultaron patógenas fueron seleccionadas de acuerdo con la intensidad de la reacción de hipersensibilidad. Se utilizaron cuatro bactericidas de uso agrícola, estreptomycin más oxitetraciclina 16.5 WP, clorhidrato de oxitetraciclina 5 WP y ácido oxolínico 20 WP y sulfato de cobre 24 SC a diferentes dosis (Cuadro 1). Se utilizaron cuatro dosis por cada producto (dosis mínima de referencia, mínima recomendada, media y máxima recomendada en la etiqueta) con cinco repeticiones por dosis.

La dosis mínima de referencia es menor que la dosis mínima recomendada en la etiqueta del producto y se usó para conocer si las bacterias eran sensibles a esta dosis y de esta manera poder recomendarla para su utilización (Cuadro 1). Para la prueba de sensibilidad a antibióticos, se utilizó el método de Bauer et al. (1966). Este método consistió en preparar una suspensión bacteriana de turbidez 0.5 escala Mackfarland. Con un aplicador de madera punta de algodón humedecido con la suspensión bacteriana se inoculó el medio nutritivo (AN). Posterior a la inoculación se colocaron cuatro discos impregnados con los bactericidas a diferentes dosis y un disco impregnado con agua destilada estéril como testigo negativo.

Se realizó evaluación cualitativa de la sensibilidad a bactericidas en un periodo 24 horas. Consistió en la medición en milímetro del área o halo de inhibición de crecimiento bacteriano, causada por la dosis de bactericida como lo indica el Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia (CNDR, 2004). Se consideran sensibles los aislados que no crecieron alrededor del disco impregnado con el bactericida produciendo halos de inhibición mayores de 14

CIENCIA DE LAS PLANTAS

Cuadro 1. Dosis de bactericidas de uso agrícola para la sensibilidad a las bacterias

Bactericida	Dosis (g 200 L ⁻¹)			
	Referencia	Mínima	Media	Máxima
Estreptomicina + oxitetraciclina 16.5 WP	100	240	260	280
Clorhidrato de oxitetraciclina 5 WP	100	250	350	500
Ácido oxolínico 20 WP	100	500	750	1000
Sulfato de cobre 24 SC	100	500	750	1000

WP: Polvo humectable, SC: Solución concentrada.

mm, y resistentes los aislados bacterianos que presentaron crecimiento bacteriano alrededor del disco impregnados con el bactericida, mostrando halos de inhibición menores de 14 mm [Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2016)].

Análisis de datos. La información obtenida fue analizada de manera descriptiva. Los datos de sensibilidad a bactericidas fueron organizados en una base de datos en Microsoft Excel, luego fueron analizados con el programa estadístico InfoStat, en donde se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de fincas cafetaleras en estudio. El área de las fincas donde se colectaron las muestras es mayor a 60 ha de café. El nivel tecnológico en relación con el uso de insumos es alto, en sistema de producción agroforestales. La fertilización está basada en análisis químico de suelo, manejo integrado de plagas, así como la aplicación de buenas prácticas agrícolas. La temperatura promedio en las fincas es de 25 °C y la altitud promedio de 1 068 msnm. Generalmente estas fincas tienen establecido variedades de café Parainema, Marsellesa, Caturra, Pacamara y Catuai. Las variedades establecidas en las fincas son adecuadas para las condiciones agroclimáticas.

Síntomas en tejido vegetal causados por el género *Pseudomonas*. Los síntomas en hojas causados por *Pseudomonas*, se observaron como manchas de coloración pardo-oscuro, de forma irregular y rodeada por halo acuoso amarillo y traslucido, frecuentemente asociadas con manchas necróticas causadas por el complejo de hongos; *Cercospora coffeicola* (Berk & Cooke), *Hemileia vastatrix* (Berkeley & Broome) y *Mycena citricolor* (Berkeley & Curtis). En algunas muestras los síntomas se observaron manchas necróticas extendidas a lo largo de las nervaduras de las hojas (Figura 1). En bandolas se observaron manchas necróticas de forma irregular; generalmente las manchas se observaron en los entrenudos de las bandolas. En los brotes florales los síntomas fueron manchas pequeñas de coloración pardo-oscuro, de forma y tamaño irregular (Figura 2).



Figura 1. Síntomas de manchas necróticas de color pardo-oscuro, de forma irregular, rodeada por halo acuoso amarillo y traslucido, causados por *Pseudomonas* spp en hojas de café.



Figura 2. Síntomas de manchas necróticas de color pardo-oscuro, de forma y tamaño irregular, causados por *Pseudomonas* spp en bandolas y flores de Café.

Rivero (2013) relaciona el daño de *P. syringae* con manchas foliares necróticas irregulares, de coloración marrón, rodeadas por un halo amarillento que pueden coalescer, formando grandes áreas necrosadas; reporta que los síntomas ocasionados por las diferentes especies de *Pseudomonas* a nivel de campo no mostraron diferenciación entre ellos, lo que dificulta su caracterización a nivel de especie.

CIENCIA DE LAS PLANTAS

Según Raimundi (2013), Rivero (2017), las diferentes especies bacterianas patógenas del café producen síntomas similares, razón por la cual la identificación de *P. cichorii* y *P. syringae* debe realizarse mediante pruebas bioquímicas y moleculares.

Identificación de bacterias fitopatógenas en tejido vegetal.

Las bacterias identificadas en las diferentes variedades de café mediante pruebas bioquímicas fueron *Pseudomonas cichorii*, *Pseudomonas syringae* y *Pseudomonas corrugata*. Estas mostraron reacciones positivas a la reacción con KOH 3 % y morfología de bacilos Gram negativos al observarlos al microscopio óptico con tinción Gram. La especie *P. cichorii* predominó en los crecimientos bacterianos, mientras que las especies *P. syringae*, se identificó en todas las variedades. La especie de *P. corrugata*, se identificó en las variedades Pacamara y Caturra (Cuadro 2). Las especies de *P. syringae* y *P. cichorii* produjeron pigmentación en el medio nutritivo y King B, la prueba de oxidasa fue positiva para las especies *P. cichorii* y *P. corrugata*, mientras que para *P. syringae* fue negativa. En el caso de las pruebas de carbohidratos *P. syringae* fue la que mostró capacidad de fermentar la Sacarosa y Trehalosa (Cuadro 3).

Cuadro 2. Bacterias fitopatógenas identificadas en variedades de café analizadas

Variedades de café	Bacterias		
	<i>P. syringae</i>	<i>P. cichorii</i>	<i>P. corrugata</i>
Parainema	3	5	0
Marsellesa	1	4	0
Caturra	1	4	3
Pacamara	1	2	1
Catuai	1	0	0
Total	7	15	4

Cuadro 3. Resultados de identificación de especies de *Pseudomonas* mediante reacciones bioquímicas

Aislado	T. Gram	KOH	Oxi	Cel	Sac	Sor	Trea	Benz	Género-especie
PAF	Bacilo G-	+	-	-	+	-	+		<i>Pseudomonas syringae</i>
PBP1	Bacilo G-	+	-	-	-	-	+		<i>Pseudomonas corrugata</i>
BPP2	Bacilo G-	+	-	-	-	-	+		<i>Pseudomonas corrugata</i>
PMP	Bacilo G-	+	-	-	+	-	+		<i>Pseudomonas syringae</i>
4A	Bacilo G-	+	+	-	-	-	-	-	<i>Pseudomonas cichorii</i>
11	Bacilo G-	+	+	-	+	-	+		<i>Pseudomonas corrugata</i>
6	Bacilo G-	+	+	-	-	-	+		<i>Pseudomonas corrugata</i>
16	Bacilo G-	+	+	-	-	-	-	-	<i>Pseudomonas cichorii</i>
10	Bacilo G-	+	+	-	-	-	-	-	<i>Pseudomonas cichorii</i>
30	Bacilo G-	+	-	-	+	-	+		<i>Pseudomonas syringae</i>
29	Bacilo G-	+	+	-	-	-	-	-	<i>Pseudomonas cichorii</i>
31	Bacilo G-	+	+	-	-	-	-	-	<i>Pseudomonas cichorii</i>
33	Bacilo G-	+	+	-	-	-	-	-	<i>Pseudomonas cichorii</i>
41	Bacilo G-	+	-	-	+	-	-		<i>Pseudomonas syringae</i>
52	Bacilo G-	+	+	-	-	-	-	-	<i>Pseudomonas cichorii</i>
64	Bacilo G-	+	+	-	-	-	-	-	<i>Pseudomonas cichorii</i>
67F	Bacilo G-	+	+	-	-	-	-	-	<i>Pseudomonas cichorii</i>
69	Bacilo G-	+	+	-	-	-	-	-	<i>Pseudomonas cichorii</i>
60	Bacilo G-	+	+	-	-	-	-	-	<i>Pseudomonas cichorii</i>
66	Bacilo G-	+	+	-	-	-	-	-	<i>Pseudomonas cichorii</i>
54	Bacilo G-	+	+	-	-	-	-	-	<i>Pseudomonas cichorii</i>
62	Bacilo G-	+	-	-	+	-	-		<i>Pseudomonas syringae</i>
89	Bacilo G-	+	+	-	-	-	-	-	<i>Pseudomonas cichorii</i>
96	Bacilo G-	+	-	-	+	-	-		<i>Pseudomonas syringae</i>
82	Bacilo G-	+	+	-	-	-	-	-	<i>Pseudomonas cichorii</i>
71	Bacilo G-	+	+	-	-	-	-	-	<i>Pseudomonas cichorii</i>
80	Bacilo G-	+	+	-	-	-	-	-	<i>Pseudomonas cichorii</i>

T. Gram: Tinción Gram, KOH: Hidróxido de potasio, (Oxi: Oxidasa, Cel: Celobiosa, Sac: Sacarosa, Sor: Sorbitol, Tre: Trehalosa, Benz: Benzoato, Símbolo (-): Negativo, Símbolo (+): Positivo, G: Gram.

Estudio realizado por Raimundi (2013) en relación con el diagnóstico de enfermedades bacterianas en el cultivo de café identificó mediante técnicas convencionales a las especies de *P. syringae* y *P. cichorii* en las variedades Catuai y Mundo Nuevo. Otras investigaciones hacen referencia a la identificación de la especie *P. syringae* mediante morfología y crecimiento en medios cultivos selectivos, a partir de hojas de café (Rivero, 2017; Zoccoli *et al.*, 2011).

Prueba de reacción de hipersensibilidad en planta no huésped. Los aislados bacterianos identificados como de *P. syringae*, *P. cichorii* y *P. corrugata*, mostraron resultados positivos a la prueba de hipersensibilidad en tabaco, indicando patogenicidad para el cultivo de café (Figura 3). Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Raimundi (2013), Belan *et al.* (2016), Rivero (2017), que determinaron

CIENCIA DE LAS PLANTAS

la patogenicidad de las especies de *Pseudomonas cichorii* y *syringae* aisladas de tejido de café e inoculadas en hojas de plantas de tabaco. La especie *P. corrugata* no ha sido reportada afectando el cultivo de café, sin embargo, se ha registrado su patogenicidad en algunas solanáceas como tomate, tabaco, pimiento y berenjena (Silverio y López, 1994).

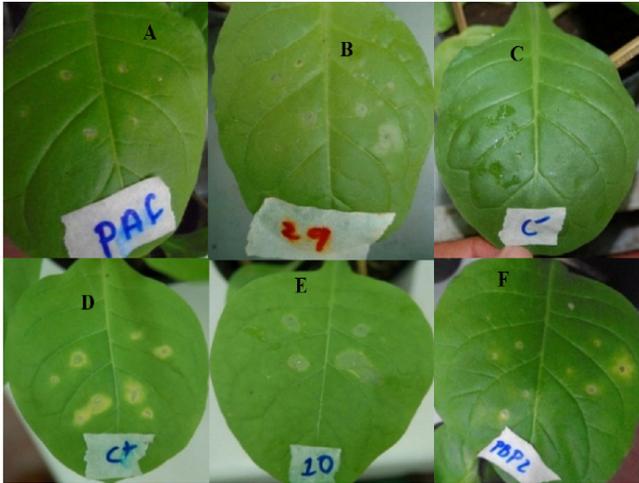


Figura 3. Reacción de hipersensibilidad en hojas de tabaco inducida por aislados bacterianos provenientes de tejido de café. (A) *P. syringae*, (B, E), *P. cichorii*, (C), Control negativo (D) Control positivo, (F) *P. corrugata*.

Sensibilidad de bacterias fitopatógenas a bactericidas de uso agrícola. Se seleccionaron nueve aislados bacterianos tomando como criterio de selección la intensidad de la reacción en la prueba de hipersensibilidad en tabaco. Los aislados seleccionados fueron cuatro de *P. cichorii*, tres de *P. syringae* y dos de *P. corrugata*. Los antibióticos estreptomicina + oxitetraciclina 16.5 WP inhibió el crecimiento de los aislados bacterianos *Pseudomonas cichorii* (67F), *Pseudomonas corrugata* (PBP), *Pseudomonas syringae* (PAF). Sin embargo, no inhibió el crecimiento en los aislados bacterianos *Pseudomonas cichorii* (4A, 29B). El ácido oxolínico 20WP inhibió el crecimiento de los aislados bacterianos *Pseudomonas cichorii* (4A), *Pseudomonas corrugata* (PBP); sin embargo, no inhibió el crecimiento en los aislados bacterianos *Pseudomonas cichorii* (67F, 71C).

Clorhidrato de oxitetraciclina 5 WP inhibió el crecimiento de los aislados bacterianos *Pseudomonas cichorii* (67F), *Pseudomonas syringae* (PAF), sin embargo, no inhibió el crecimiento en los aislados bacterianos *Pseudomonas cichorii* (29B), *Pseudomonas corrugata* (PBP2). Sulfato de Cobre 24 SC no inhibió el crecimiento bacteriano del género *Pseudomonas*, indicando que las bacterias son resistentes al producto (Cuadro 4, Figura 4).

Cuadro 4. Sensibilidad de bacterias fitopatógenas a bactericidas de uso agrícola

Aislado	Bacteria identificada	Resultados de las pruebas			
		Estreptomicina + oxitetraciclina	Oxitetraciclina	Ácido Oxolínico	Sulfato de cobre
71C	<i>P. cichorii</i>	Sensible	Sensible	Resistente	Resistente
67F	<i>P. cichorii</i>	Sensible	Sensible	Resistente	Resistente
29B	<i>P. cichorii</i>	Resistente	Resistente	Sensible	Resistente
96D	<i>P. syringae</i>	Sensible	Sensible	Sensible	Resistente
PMP	<i>P. syringae</i>	Sensible	Sensible	Sensible	Resistente
PBP2	<i>P. corrugata</i>	Sensible	Resistente	Sensible	Resistente
PAF	<i>P. syringae</i>	Sensible	Sensible	Sensible	Resistente
PBP	<i>P. corrugata</i>	Sensible	Sensible	Sensible	Resistente
4A	<i>P. cichorii</i>	Resistente	Sensible	Sensible	Resistente

Sensibilidad: No hay crecimiento alrededor del disco, Resistencia: Hay crecimiento alrededor del disco, no hay presencia de halo de inhibición.

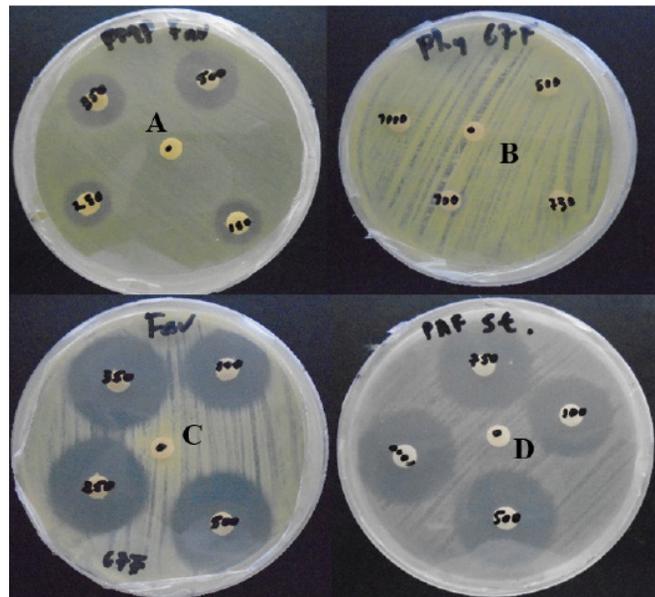


Figura 4. Halos de inhibición producidos por los bactericidas Clorhidrato de oxitetraciclina (A y C), Ácido oxolínico (D), Ausencia de inhibición bacteriana (B) por sulfato de cobre.

Schauffler y Di Piero (2017) determinaron que la dosis de 10 mg ml⁻¹ de estreptomicina + oxitetraciclina usado como testigo en *Pseudomonas syringae* aislada de tomate, presentó halos de inhibición de 16.2 mm, resultando sensible a dicho producto. Scheck y Pscheidt (1998) estudió cepas de *P. syringae*, pv. *Syringae* aisladas de plantas ornamentales y registró resistencia a estreptomicina y sulfato de cobre (CuSO₄) en ensayos *in vitro*. Zoccoli *et al.* (2011) indica que la posibilidad de que ocurran interacciones adversas entre metales como el cobre y el medio de cultivo son muy alta, existe la posibilidad de que en el medio de cultivo el cobre no esté disponible, lo que puede llevar a resultados inconclusos.

CIENCIA DE LAS PLANTAS

Análisis de sensibilidad a bactericidas. Las dosis de 240 g 200 L⁻¹, 260 g 200 L⁻¹ y 280 g 200 L⁻¹ superaron la dosis de referencia de 100 g 200 L⁻¹ para el caso de estreptomicina más oxitetraciclina (Figura 5); mientras que en el ácido oxolínico las dosis de 500 g 200 L⁻¹, 750 g 200 L⁻¹ y 1 000 g 200 L⁻¹ superan a la dosis de referencia de 100 g 200 L⁻¹ que produjo menores halos de inhibición (Figura 6). Los mejores resultados, para el caso de clorhidrato de oxitetraciclina se observaron en las dosis de 350 g 200 L⁻¹ y 500 g/200 L⁻¹ (Figura 7). En este estudio los datos de sensibilidad para sulfato de cobre no se ajustaron al modelo estadístico por no mostrar halos de inhibición, además se demuestra que las dosis mínimas para los productos estreptomicina más oxitetraciclina, ácido oxolínico y clorhidrato de oxitetraciclina producen los mismos efectos inhibitorios que las dosis máximas recomendadas para cada producto. El bactericida con ingrediente activo ácido oxolínico mostró mayor efecto de inhibición en el crecimiento bacteriano.

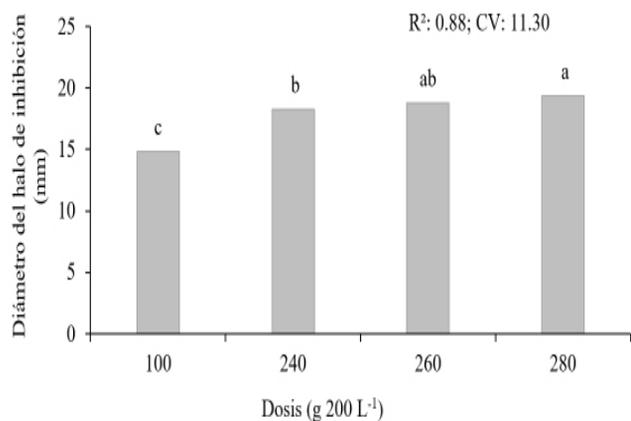


Figura 5. Dosis de estreptomicina más oxitetraciclina 16.5 WP.

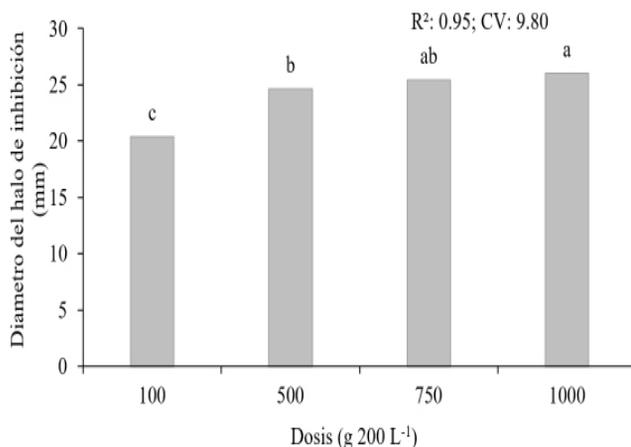


Figura 6. Dosis de ácido oxolínico 20 WP.

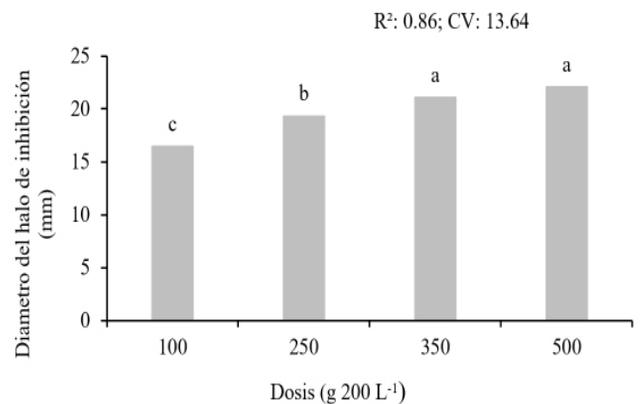


Figura 7. Dosis de clorhidrato de oxitetraciclina 5 WP.

McManus y Jones (1994) afirman que la oxitetraciclina tiene un efecto bacteriostático y es menos efectiva que la estreptomicina, que tiene efecto bactericida, pero esta es más efectiva cuando se aplica para el manejo de cepas bacterianas que son resistentes a la estreptomicina.

CONCLUSIONES

El género *Pseudomonas* spp fue el causante de enfermedades bacterianas en el cultivo de café, afectando principalmente hojas, bandolas y flores. Los síntomas se caracterizan por ser manchas de coloración pardo-oscuro, de forma y tamaño irregular, rodeada, generalmente por halos acuosos y traslucidos.

Se identificaron especies de bacterias del género *Pseudomonas*, tales como *Pseudomonas cichorii*, *Pseudomonas syringae* y *Pseudomonas corrugata*, determinando que son patógenas para el cultivo de café.

Las dosis mínimas para los productos estreptomicina más oxitetraciclina, ácido oxolínico y clorhidrato de oxitetraciclina producen los mismos efectos inhibitorios que las dosis máximas recomendadas para cada producto. El efecto inhibitorio fue visible sobre el crecimiento bacteriano de los aislados *Pseudomonas syringae* y *Pseudomonas corrugata*, sin embargo, no inhibieron el crecimiento bacteriano de los aislados *Pseudomonas cichorii* y el bactericida que mostró mayor efecto de inhibición en el crecimiento bacteriano fue el ácido oxolínico 20 WP.

AGRADECIMIENTO

A los productores cafetaleros que permitieron el desarrollo de esta investigación, a la Ingeniera Patricia Contreras Estradas por los conocimientos y tiempo brindado y al Departamento de Protección Agrícola y Forestal de la Universidad Nacional Agraria.

CIENCIA DE LAS PLANTAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avelino, J. y Rivas, G. (2013). *La roya anaranjada del café*. https://www.researchgate.net/publication/260789530_La_roya_anaranjada_del_cafeto
- Banco Central de Nicaragua. (2017). *Informe Anual 2017*. <https://www.bcn.gob.ni/sites/default/files/documentos/1.Informe%20Anual%202017.pdf>
- Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C. y Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493-496. https://doi.org/10.1093/ajcp/45.4_ts.493
- Belan, L. L., Pozza, E. A., de Oliveira Freitas, M. L., Raimundi, M. K., de Souza, R. M., & da Cruz Machado, J. (2016). Occurrence of *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* in coffee seeds. *Australian Journal of Crop Science*, 10(7), 1015-1021. <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.07.p7693>
- Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia. (2004). *Manual de procedimientos de bacteriología médica*. CNDR.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2016). *Performance standards for antimicrobial susceptibility testing*. CLSI.
- Costa, A. S. y Silva, D. M. A. (1960). Estudos sobre mancha aureolada do cafeeiro, Campinas. *Bragantia*, 19, 63-69. <https://www.scielo.br/j/brag/a/QJkFxrXp5N7yg6nH9hrN84J/?format=pdf&lang=pt>
- Gutiérrez, Y. (2012). *Módulo práctico: técnicas de laboratorio*. Universidad Nacional Agraria.
- Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria. (2016). *Lista de plagas reglamentadas, Nicaragua 2016*. <https://www.ipsa.gob.ni/Portals/0/4%20Sanidad%20Vegetal%20y%20Semillas/Listado%20de%20Plagas%20cuarentenarias%20en%20Nicaragua%20Versi%C3%B3n%201%20marzo%20de%202016.pdf>
- McManus, P. y Jones, A. (1994). Epidemiology and genetic analysis of streptomycin-resistant *Erwinia amylovora* from Michigan and evaluation of oxytetracycline for control. *Phytopathology*, 84(6), 627-633. https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1994Articles/Phyto84n06_627.PDF
- Ministerio de Fomento Industria y Comercio. (2008). Ficha producto “café”. <https://cenida.una.edu.ni/documentos/NE71N583fc.pdf>
- Raimundi, M. K. (2013). *Caracterização e identificação de isolados bacterianos patogênicos ao cafeeiro* [Tesis de maestría, Universidad Federal de Lavras]. Repositorio UFLA. <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/1737>
- Rivero, L. M., Gatti, I. M., Alves, F. R., Saggion, L. O., Wolf, K., Toma, M. y Guerreiro, O. (2013). *Mancha aureolada do cafeeiro causada por Pseudomonas syringae pv. Garcae*. Instituto Agronômico. <https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/iacbt212.pdf>
- Rivero, L. M., Hiroshi, G., Guerreiro, F., Saggion, L. O. y Gatti, I. M. (2017). First report of mixed infection by *Pseudomonas syringae* pathovars *garcae* and *tabaci* on coffee plantations. *Bragantia*, 76(4), 850-855. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2016.399>
- Schaad, N. W., Jones, J. B., & Chun, W. (2001). Laboratory guide for the identification of plant pathogenic bacteria, Third Edition. *Plant Pathology*, 50(6), 812-814. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2001.00635.x>
- Schauffler, G. P. y Di Piero, R. M. (2017). *Extratos de própolis no controle da mancha bacteriana (Xanthomonas gardneri) e da pinta bacteriana (Pseudomonas syringae) em tomateiro* [Trabajo de graduación, Universidad federal de Santa Catarina]. Repositorio Institucional UFSC. <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/174321>
- Scheck, H. J., & Pscheidt, J. W. (1998). Effect of copper bactericides on copper-resistant and -sensitive Strains of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. *Plant Disease*, 82(4), 397-406. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.1998.82.4.397>
- Silverio, F. y López, M. (1994). Patogenicidad de *Pseudomonas corrugata* sobre tomate, pimiento y otras especies de interés agrícola. En *Pseudomonas corrugata roberts y scarlett, agente causal de la necrosis medular del tomate* (pp. 136-159). https://www.researchgate.net/publication/325169600_Patogenicidad_de_Pseudomonas_corrugata_sobre_tomate_pimiento_y_otras_especies_de_interes_agricola
- Zoccoli, D. M., Takatsu, A. y Uesugi, C. H. (2011). Ocorrência de mancha aureolada em cafeeiros na Região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. *Bragantia*, 70(84), 843-849. <https://www.scielo.br/j/brag/a/PHxKNTPL8cnMR4dfqxtT8Ld/?lang=pt&format=pdf>

CIENCIA DE LAS PLANTAS

Efecto del nitrógeno y aminoácidos libres en las poblaciones de trips (Insecta: Thysanoptera) en ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.)

Effect of nitrogen and free amino acids on populations of thrips (Insecta: Thysanoptera) in french bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Claudia E. Toledo-Perdomo¹, Maribel A. González T.² Antonieta Guadalupe Rodas³

¹ Ingeniera agrónoma, MSc. Entomología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2281-3216> / toledo.perdomo@gmail.com

² Licenciada en Biología, MSc. Biología Molecular, Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Escuela de Biología, Panamá. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7795-0993> / maribel.gonzalez@up.ac.pa

³ Licenciada Química Bióloga. Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Biología, Laboratorio de Entomología Aplicada y Parasitología, Guatemala, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1948-0978> / antonieta55@yahoo.com

Autor de correspondencia: toledo.perdomo@gmail.com



RESUMEN

Los trips (Insecta:Thysanoptera) son plagas que afectan al ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) existen prácticas agronómicas que favorecen el incremento de las poblaciones de insectos, como la fertilización. El objetivo de la investigación fue establecer el efecto de fertilizantes nitrogenados y aminoácidos libres en distintas concentraciones sobre las poblaciones de trips de las especies *Frankliniella occidentalis* (Pergande) y *Trips tabaci* (Lindeman), en el cultivo del ejote francés. Se establecieron nueve parcelas, se evaluaron tres concentraciones de un fertilizante nitrogenado (urea 46 %) correspondientes las dosis de 71 kg ha⁻¹, 95 kg ha⁻¹ y 119 kg ha⁻¹; tres concentraciones del abono orgánico compost según las dosis de 3 825 kg ha⁻¹, 5 100 kg ha⁻¹ y 6 375 kg ha⁻¹; también se evaluaron tres concentraciones de aminoácidos libres (0.75 L ha⁻¹, 1 L ha⁻¹ y 1.25 L ha⁻¹). Las variables de respuesta fueron: número de adultos y ninfas por planta y número de adultos y ninfas en cada fase de desarrollo de la planta. Las concentraciones de las dosis recomendada para nitrógeno ureico fue de 95 kg ha⁻¹ y 119 kg ha⁻¹ y aminoácidos libres del 1 L ha⁻¹ y 1.25 L ha⁻¹ tuvieron un efecto positivo sobre las poblaciones de trips en estado de ninfas y adultos ($p < 0.0001$), principalmente en la fase de producción del cultivo, lo que indica la importancia del manejo correcto de estos fertilizantes en el cultivo del ejote francés para evitar favorecer el incremento de las poblaciones de trips.

Palabras clave: abonos orgánicos, fertilizantes nitrogenados, crecimiento poblacional, *Frankliniella occidentalis*, *Trips tabaci*, reproducción.

ABSTRACT

Thrips (Insecta:Thysanoptera) are pests that affect french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) there are agronomic practices that favor the increase of insect populations, such as fertilization. The objective of the research was to establish the effect of nitrogenous fertilizers and free amino acids in different concentrations on the populations of trips of the species *Frankliniella occidentalis* (Pergande) and *Trips tabaci* (Lindeman), in the cultivation of French beans. Nine plots were established, three concentrations of nitrogen fertilizers (urea 46 %) (71 kg ha⁻¹, 95 kg ha⁻¹ y 119 kg ha⁻¹) and organic fertilizer (compost) (3 825 kg ha⁻¹, 5 100 kg ha⁻¹ y 6 375 kg ha⁻¹), three concentrations of free amino acids (0.75 L ha⁻¹, 1 L ha⁻¹, 1.25 L ha⁻¹) were evaluated. response variables were: number of adults and nymphs/plant and number of adults and nymphs in each phase of plant development. The concentrations of the recommended dose for urea nitrogen of 95 kg ha⁻¹ and 119 kg ha⁻¹ and free amino acids of 1 L ha⁻¹ and 1.25 L ha⁻¹ had a positive effect on thrips populations in the nymphal stage and adults ($p = < 0.0001$), mainly in the production phase of the crop, which indicates the importance of correct management of these fertilizers in the cultivation of French beans to avoid favoring the increase of thrips populations.

Keywords: Organic fertilizers, nitrogenous fertilizers, population growth, *Frankliniella occidentalis*, *Trips tabaci*, reproduction.

Recibido: 3 de noviembre del 2022
Aceptado: 22 de marzo del 2023



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 donauld.juarez@ci.una.edu.ni

© Copyright 2023. Universidad Nacional Agraria (UNA).

CIENCIA DE LAS PLANTAS

El ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) es un tipo de frijol y es uno de los principales cultivos de exportación de Guatemala, junto con otros de productos no tradicionales, el que han beneficiado a aproximadamente 60 000 familias y 200 comunidades de los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez, Sololá, Quiché, Alta Verapaz, Baja Verapaz y Jalapa (Asociación Guatemalteca de Exportadores, 2023).

Los trips (Insecta: Thysanoptera) son un grupo que posee aproximadamente 6 300 especies, dentro de las cuales algunas son consideradas plagas de diversos cultivos (Mound *et al.*, 2022). Además de los daños directos que causan a la planta, también provocan pérdida del rendimiento del cultivo y de la calidad de la cosecha, especialmente para el mercado internacional. La fase de floración es la más afectada por los trips en el cultivo del ejote francés.

Dentro de las especies de plagas agrícolas de mayor importancia a nivel mundial, desde el punto de vista económico esta *Frankliniella occidentalis* (Pergande), principalmente en el sector hortícola, dentro de los daños que este ocasiona, es como vector de virus de plantas, principalmente de los géneros *Orthotospovirus*, *Ilarvirus*, *Alphacarmovirus* y *Machlomovirus* (Funderburk *et al.*, 2018).

Hay varios factores que influyen en el incremento de las poblaciones de trips como el clima y el manejo del cultivo (Ramírez *et al.*, 2013). Adicionalmente el incremento del comercio agrícola internacional ha fomentado su entrada en áreas donde normalmente no habitaban.

Entre los esfuerzos para el control de los trips, se han realizado numerosas y diversas aplicaciones de plaguicidas, sin llegar a tener éxito, debido a que estos insectos han desarrollado resistencia a insecticidas (Reitz *et al.*, 2020).

En los últimos años se ha demostrado que las prácticas agrícolas, como por ejemplo la fertilización, puede incrementar las poblaciones de insectos. Estudios demostraron el efecto del fertilizante a base de nitrógeno en las hembras de *Frankliniella occidentalis* (Pergande), donde se observó un incremento en las poblaciones de éstas. Este incremento se atribuyó al contenido de nitrógeno en las plantas, y que pudo ser utilizado por la hembra como fuente de nutrientes contribuyendo así a la fecundidad y a la vigorosidad de su descendencia (Vincini *et al.*, 2014).

Los bajos niveles poblacionales de insectos en las plantas se deben a la resistencia que presentan las plantas a las plagas, esta resistencia se debe por las diferencias bioquímicas o de nutrientes minerales en los cultivos. Además, una buena nutrición ayuda a la planta a superar el estrés biótico o abiótico (Delgado-Oramas, 2020).

Los aminoácidos también desempeñan una función muy importante en las plantas, siendo vital para la producción de muchos compuestos de defensa de éstas; los insectos fitófagos podrían llegar a optimizar la función de estos junto con el nitrógeno para su beneficio (Zhou *et al.*, 2015).

Un cultivo con buena nutrición de elementos mayores aumentará la resistencia de las plantas a los ataques de los insectos fitófagos (Bala *et al.*, 2018), dentro de los programas de fertilización del ejote francés, se están empleando los aminoácidos libres. En el caso de las uvas, los aminoácidos se aplican foliarmente, en particular la fenilalanina para aumentar los niveles de estilbenos, los cuales generan un vino de mejor calidad y más saludable para el consumidor (Garde-Cerdán *et al.*, 2014).

Los aminoácidos son los componentes de las proteínas, y considerados como el tercer grupo esencial para los animales y las plantas, están presentes en todas las plantas, donde sus principales funciones es la síntesis de proteínas y preparar sustancias reguladoras del metabolismo vegetal, activador de metabolismos fisiológicos, contribuyen en absorción, transporte y asimilación de nutrientes (Castro y Carvalho, 2014). Además del nitrógeno, los aminoácidos juegan un papel importante en los insectos fitófagos, son nutrientes importantes en su dieta.

Los aminoácidos y otros elementos como los carbohidratos, vitaminas, lípidos, minerales y agua son necesarios en la dieta de los insectos para su crecimiento, desarrollo y reproducción. Se han identificado 10 aminoácidos esenciales en dieta de los insectos: fenilalanina, treonina, triptófano, arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina y valina, los cuales contribuirán en su crecimiento y desarrollo (Aceituno-Medina y Hernández, 2020).

Debido a que estos elementos son necesarios para la supervivencia de los insectos, evolutivamente éstos son capaces de identificar estos elementos en la planta huésped guiándose por señales químicas emanadas por la planta (Delgado-Oramas, 2020).

Tomando en cuenta que los aminoácidos también son elementos que los insectos necesitan para su nutrición (Zhou *et al.*, 2015), actualmente se están realizando estudios de plantas transgénicas, donde se busca reducir la disponibilidad de aminoácidos, a través de inhibidores de la proteasa, al lograr reducir la disponibilidad de los aminoácidos, muchos artrópodos herbívoros, especialmente los trips se verán afectados, debido a que estos son necesarios para su crecimiento y desarrollo (Mouden *et al.*, 2017).

Los cambios en la disponibilidad de los nutrientes en las plantas, como los niveles de nitrógeno, también pueden influir indirectamente en las interacciones insecto-planta (De la Peña, 2009). El nitrógeno es considerado como uno de los nutrientes importantes para los artrópodos herbívoros, siendo un elemento clave para el buen funcionamiento del aparato digestivo de estos (Gowda *et al.*, 2014).

Existen evidencias sobre los efectos de los fertilizantes en las poblaciones de insectos. Realizar estos estudios para cada plaga y cultivo en específico son importantes para poder considerar esta información dentro de las prácticas del manejo

CIENCIA DE LAS PLANTAS

en los cultivos como una medida de control o prevención para evitar el crecimiento poblacional de un insecto-plaga.

El objetivo de esta investigación fue establecer el efecto de los fertilizantes nitrogenados y aminoácidos libres en distintas concentraciones sobre el comportamiento y reproducción de las poblaciones de trips en el cultivo del ejote francés. Esta investigación aporta información importante para el manejo integrado de plagas y en los planes de manejo de fertilización del cultivo del ejote francés.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las parcelas fueron ubicadas en el departamento de Sacatepéquez, municipio de Santiago, localizadas a una altitud de 2 040 msnm y en las coordenadas 14°38'05" de latitud Norte y 90°40'45" de longitud Oeste. Su clima según Consejo Municipal de Santiago Sacatepéquez, (2019), es cálido templado según sistema Köppen-Geiger, la temperatura más alta es de 23.5 °C en el mes de abril, la media anual es de 16 °C y la baja en promedio es de 14.7 °C en el mes de enero. La precipitación media anual es de 1 373 mm. La investigación se realizó con el financiamiento de proyectos de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el período de abril a diciembre del 2019.

Se establecieron aleatoriamente nueve parcelas de 500 m². Se evaluaron individualmente tres dosis de urea, tres dosis de abono orgánico (compost) y tres dosis de aminoácidos. Las dosis evaluadas por fertilizante corresponden, en el caso de urea 46 % a: 71 kg ha⁻¹ (75 % de la dosis recomendada por el fabricante), 95 kg ha⁻¹ (100 % de la dosis recomendada por el fabricante) y 119 kg ha⁻¹ (125 % de la dosis recomendada por el fabricante). Las dosis empleadas para el abono orgánico compost (1.5 % de nitrógeno) fueron: 3 825 kg ha⁻¹ (que corresponde al 75 % de la dosis recomendada por el fabricante), 5 100 kg ha⁻¹ (que corresponde al 100 % de la dosis recomendada por el fabricante) y 6 375 kg ha⁻¹ (que corresponde al 125 % de la dosis recomendada por el fabricante). Para los aminoácidos 41 %, las dosis evaluadas fueron: 0.75 L ha⁻¹ (75 % de la dosis recomendada por el fabricante), 1 L ha⁻¹ (100 % de la dosis recomendada por el fabricante) y 1.25 L ha⁻¹ (125 % de la dosis recomendada por el fabricante).

En cada parcela se tomaron treinta muestras. La frecuencia de los muestreos fue cada siete días, por la mañana, entre las 10:00 am y 12:00 m durante el ciclo del cultivo. Se registraron las lecturas de temperatura alta, media, baja, precipitación pluvial y humedad relativa. El abono orgánico se aplicó antes de la siembra, la urea y el aminoácido a los 13, 25 y 40 días después de la siembra.

El diseño experimental fue en arreglo factorial anidado. Este consiste en medir los niveles del factor B (distintas dosis) que se encuentra anidado (relacionada

en el factor A (fertilizantes evaluados). Tanto el fertilizante evaluado como la dosis podría tener un efecto distinto en las poblaciones de los trips.

Los aminoácidos presentes en la evaluación fueron: Aginina, alanina, asparagina, ácido aspártico, cisteína, cisateina, ácido glutámico, glicina, hidroxiprolina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, serina, triptófano, treonina, tirosina y valina.

Registro de información. Se realizó por muestreos de inspección directa en las hojas, botón floral, flores y vainas en las plantas muestreadas. Se consideraron especímenes adultos y ninfas según las fases fenológicas del cultivo. También se monitoreó la temperatura máxima y mínima, así como las precipitaciones pluviales y humedad relativa. Las variables respuesta en cada parcela fueron: 1) relación de número de adultos y ninfas en la planta con temperatura y precipitación pluvial, 2) número de adultos y ninfas presentes en cada fase fenológica de la planta.

Se colectaron especímenes de trips en cada muestreo para la identificación de las especies. Los trips adultos fueron colectados en viales de 5 ml de etanol al 70 % para ser trasladados al laboratorio de Entomología de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Para su identificación se emplearon las claves taxonómicas de Mound y Marullo (1996), así como las de Mound *et al.* (1995).

Análisis estadístico. Los resultados se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA), con arreglo factorial anidado y prueba de separación de medias por medio de la prueba de Di Rienzo *et al.* (2002) DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves) a un nivel de significancia de 0.05). Con esta prueba se determinó el efecto de los fertilizantes y su concentración en las poblaciones de trips según la fase fenológica del cultivo.

También se realizó un análisis de correlación de Pearson para conocer la relación entre las variables ambientales con las poblaciones de trips y su distribución en la planta.

Los factores analizados estadísticamente fueron: climáticos (temperaturas máxima y mínima y precipitación pluvia), fases fenológicas de la planta (vegetativa, floración y maduración), las fuentes de nitrógeno y aminoácidos libres. Para la realización de todos los análisis estadísticos se utilizó el software estadístico Infostat versión 2014.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies colectadas e identificadas fueron *Frankliniella occidentalis* (Pergande) y *Trips tabaci* (Lindeman). No hubo diferencias significativas entre concentraciones de fertilizantes en cada parcela ($p = 0.8569$). Sin embargo, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.0001$) en la interacción

CIENCIA DE LAS PLANTAS

(concentración de fertilizante o aminoácido y la fase fenológica).

En el Cuadro 1 se observa que durante la fase de producción, las mayores poblaciones de ninfa se registran con las aplicaciones más altas de urea y de aminoácidos, mientras que las menores poblaciones se contabilizan durante la fase vegetativa, independientemente del tratamiento aplicado.

Las poblaciones de trips adultos durante la fase de producción, se comportaron similar al de las ninfas ($p < 0.0001$); los tratamientos de urea con dosis de 119 kg ha⁻¹ y aminoácidos libres con dosis de 1 L ha⁻¹ fueron los que presentaron mayores poblaciones (Cuadros 2).

Cuadro 2. Poblaciones de adultos de trips según fertilizantes, aminoácidos y fases fenológicas del cultivo del ejote francés, Sacatepéquez, Guatemala

Tratamiento	Fase fenológica	Medias	N	E.E	
119 kg urea ha ⁻¹	Producción	24.50	4	2.47	A
1 L aminoácido ha ⁻¹	Producción	21.75	4	2.47	A
95 kg urea ha ⁻¹	Producción	16.75	4	2.47	B
1.25 L aminoácidos ha ⁻¹	Producción	16.33	3	2.85	B
6 375 kg compost ha ⁻¹	Producción	13.00	4	2.27	B
0.75 L aminoácidos ha ⁻¹	Producción	12.25	4	2.47	B
71 kg urea ha ⁻¹	Producción	10.00	4	2.47	C
5 100 kg compost ha ⁻¹	Producción	10.00	4	2.47	C
6 375 kg compost ha ⁻¹	Producción	6.75	4	2.47	C
119kg urea ha ⁻¹	Floración	19.00	4	2.47	B
1 L aminoácidos ha ⁻¹	Floración	13.50	4	2.47	B
95 kg urea ha ⁻¹	Floración	10.25	4	2.47	C
0.75 L aminoácidos ha ⁻¹	Floración	8.25	4	2.47	C
5 100 kg compost ha ⁻¹	Floración	7.75	4	2.47	C
1.25 L aminoácidos ha ⁻¹	Floración	7.75	4	2.47	C
71 kg urea ha ⁻¹	Floración	6.75	4	2.47	C
6 375kg compost ha ⁻¹	Floración	5.25	4	2.47	C
3 825 kg compost ha ⁻¹	Floración	3.25	4	2.47	C
119 kg urea ha ⁻¹	Vegetativa	6.50	8	1.75	C
1 L aminoácidos ha ⁻¹	Vegetativa	4.38	8	1.75	C
95 kg urea ha ⁻¹	Vegetativa	3.50	8	1.75	C
6 375 kg compost ha ⁻¹	Vegetativa	2.38	8	1.75	C
5 100 kg compost ha ⁻¹	Vegetativa	1.88	8	1.75	C
71 kg urea ha ⁻¹	Vegetativa	1.63	8	1.75	C
0.75 L aminoácidos ha ⁻¹	Vegetativa	1.63	8	1.75	C
1.25 L aminoácidos ha ⁻¹	Vegetativa	1.00	8	1.75	C
3 825 kg compost ha ⁻¹	Vegetativa	0.62	8	1.75	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), N: tamaño de la muestra, E.E: error estándar.

Cuadro 1. Poblaciones de ninfas de trips según fertilizantes, aminoácidos y fases fenológicas del cultivo del ejote francés, Sacatepéquez, Guatemala

Tratamiento	Fase fenológica	Medias	N	E.E	
119 kg urea ha ⁻¹	Producción	14.75	4	1.45	A
1.25 L aminoácido ha ⁻¹	Producción	12.67	3	1.68	A
1 L aminoácido ha ⁻¹	Producción	11.50	4	1.45	A
95 kg urea ha ⁻¹	Producción	10.75	4	1.45	A
71 kg urea ha ⁻¹	Producción	7.75	4	1.45	B
6 375 kg compost ha ⁻¹	Producción	6.75	4	1.45	B
5 100 kg compost ha ⁻¹	Producción	6.00	4	1.45	B
0.75 L aminoácidos ha ⁻¹	Producción	6.00	4	1.45	B
3 825 kg compost ha ⁻¹	Producción	5.25	4	1.45	B
119 kg urea ha ⁻¹	Floración	8.25	4	1.45	B
95 kg urea ha ⁻¹	Floración	5.75	4	1.45	B
5 100 kg compost ha ⁻¹	Floración	5.00	4	1.45	B
1 L aminoácidos ha ⁻¹	Floración	4.75	4	1.45	B
0.75 L aminoácidos ha ⁻¹	Floración	4.75	4	1.45	B
71 kg urea ha ⁻¹	Floración	3.75	4	1.45	C
6 375 kg compost ha ⁻¹	Floración	3.00	4	1.45	C
3 825 kg compost ha ⁻¹	Floración	2.75	4	1.45	C
1.25 L aminoácidos ha ⁻¹	Floración	1.50	4	1.45	C
119 kg urea ha ⁻¹	Vegetación	2.75	8	1.03	C
1 L aminoácidos ha ⁻¹	Vegetativa	1.38	8	1.03	C
95 kg urea ha ⁻¹	Vegetativa	1.38	8	1.03	C
0.75 L aminoácidos ha ⁻¹	Vegetativa	0.75	8	1.03	C
5 100 kg compost ha ⁻¹	Vegetativa	0.75	8	1.03	C
71 kg urea ha ⁻¹	Vegetativa	0.62	8	1.03	C
1.25 L aminoácidos ha ⁻¹	Vegetativa	0.25	8	1.03	C
3 825 kg compost ha ⁻¹	Vegetativa	0.00	8	1.03	C
6 375kg compost ha ⁻¹	Vegetativa	0.00	8	1.03	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), Error: 8.4357 gl: 116, N: tamaño de la muestra, E.E: error estándar.

CIENCIA DE LAS PLANTAS

El análisis de las poblacional relacionado con las variables climáticas de temperaturas máximas, media y mínimas precipitación pluvial y humedad relativa, demostraron que los factores de temperatura (máxima, media y mínima) y precipitación pluvial acumulada tienen un efecto significativo, sobre las poblaciones de ninfas y adultos de trips (Cuadro 3), donde la precipitación pluvial acumulada y temperatura mínima afecta las poblaciones de trips.

Cuadro 3. Prueba de Correlación de Pearson de poblaciones de trips presentes en las parcelas según variables climáticas

Variable (1)	Variable (2)	n	Person	p-valor
Ninfa	T° máxima	143	-0.21	0.0123
Ninfa	T° media	143	-0.21	0.0123
Ninfa	T° mínima	143	-0.51	<0.0001
Ninfa	Humedad relativa	143	-0.12	0.1482
Ninfa	Precipitación	143	-0.15	0.0779
Ninfa	pp acumulada	143	-0.58	<0.0001
Adulto	T° máxima	143	-0.24	0.0035
Adulto	T° media	143	-0.24	0.0035
Adulto	T° mínima	143	-0.55	<0.0001
Adulto	Humedad relativa	143	-0.06	0.4553
Adulto	Precipitación	143	-0.03	0.7363
Adulto	pp acumulada	143	-0.67	<0.0001

$p \leq 0.05$ se consideró significativo, existe relación lineal.

Posteriormente a las aplicaciones realizadas en la evaluación a lo largo del desarrollo de la plantación, se presentó un efecto del nitrógeno ureico y los aminoácidos libres en el desarrollo de las poblaciones de ninfas, lo que aumentó el número de individuos en la población. Según los resultados obtenidos, luego de varias aplicaciones realizadas a lo largo del ciclo del cultivo, estos fertilizantes también tendrán un efecto favorable para el desarrollo de las poblaciones de trips. Esto concuerda con los resultados de Veromann *et al.* (2013), quienes indican que repetidas aplicaciones de fertilizante a base de nitrógeno aumenta la población de trips en la planta huésped.

Un mismo efecto se obtuvo en las poblaciones de adultos de trips, con el fertilizante nitrogenado, el tratamiento de 125 % de la dosis fue el que presentó diferencias significativas, durante la evaluación de los tratamientos en el desarrollo de las plantaciones de ejote francés, esto demuestra que el nitrógeno ureico favorece el desarrollo de poblaciones de trips después de varias aplicaciones durante el desarrollo de la plantación, coincidiendo con otros estudios sobre poblaciones de trips (Brodbeck *et al.*, 2001; Baez *et al.*, 2011; Vincini *et al.*, 2014).

Las altas poblaciones de trips obtenidas en las parcelas de ejote francés, en comparación con las tratadas con abono orgánico, pudo deberse a que los trips presentarán preferencia por las plantas fertilizadas con urea para la oviposición, de esta misma forma presentó mayor población de

trips en parcelas tratadas con aminoácidos que en las parcelas tratadas con abonos orgánicos. Esto puede deberse a que los trips presentan preferencias en plantas con alto contenido de aminoácidos y proteínas, como lo indican Brodbeck *et al.* (2001); Cloy, 2009).

Las bajas poblaciones de trips en las parcelas que fueron tratadas con fertilización orgánica pudo deberse a que las plantas tratadas con fertilización orgánica presentan bajos niveles de aminoácidos en comparación con la fertilización convencional, aportando de manera indirecta una mejor calidad de alimento para las poblaciones de trips en el cultivo del ejote francés.

El incremento de la población de trips en los tratamientos de aminoácidos libres y nitrógeno es probable que se diera conforme la planta se ve favorecida por la nutrición mediante las aplicaciones de nitrógeno ureico y aminoácidos libres, debido a que las plantas con estos tratamientos presentan a las poblaciones de trips tejidos vegetales con mejor calidad nutricional para estos y por esta razón las diferencias significativas se observaron en la fase de cosecha.

Los resultados de la presente investigación demostraron que tanto los aminoácidos libres como el nitrógeno favorecieron el crecimiento poblacional de las poblaciones de trips, estos fueron evaluados independientemente, sin embargo, en campo son aplicados en programas donde ambos van incluidos en el cultivo del ejote francés, y podrían presentarse una respuesta distinta a las evaluadas en la presente investigación, pudiendo favorecer aún más las poblaciones de trips, que si fuera aplicado solamente uno de estos, por lo que es importante continuar con este tipo de investigaciones.

Las aplicaciones de nitrógeno y aminoácidos libres podrían resultar como un efecto negativo en las buenas prácticas agrícolas, si no son empleados con moderación, según el requerimiento del cultivo, para evitar un mayor incremento de las poblaciones de trips. Es importante lograr el balance adecuado en el cultivo del ejote francés.

CONCLUSIONES

A mayores concentraciones de nitrógeno ureico y aminoácidos libres, existe un incremento en las poblaciones de trips tanto en estado de ninfa como en su estado adulto, por lo que el uso de fertilización orgánica, así como el uso adecuado de dosis de nitrógeno, se constituye en una estrategia para el manejo de estas especies.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Universidad de San Carlos de Guatemala por el financiamiento del este proyecto de investigación: Digi-Usac (2019), proyecto 4.8.63.2.92.

CIENCIA DE LAS PLANTAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acceituno-Medina, M. y Hernández, E. (2020). Dietas artificiales: evolución, retos y tendencias. En M. J. Toledo y E. Hernández (Eds.), *Moscas de la Fruta: fundamentos y procedimientos para su manejo* (pp. 421-448). S y G editors.
- Asociación Guatemalteca de Exportadores. (23 de marzo del 2023). *Comité de arvejas y vegetales*. <https://www.export.com.gt/publico/comite-arveja-y-vegetales>
- Baez, I., Reitz, S. R., Funderburk, J. E., & Olson, S. M. (2011). Variation within and between *Frankliniella* thrips species in host plant utilization. *Journal of insect science*, 11(41), 1-18. <https://doi.org/10.1673/031.011.0141>
- Bala, K., Sood, A. K., Pathania, V. S. & Thakur, S. (2018). Effect of plant nutrition in insect pest management: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(4), 2737-2742.
- Brodbeck, B. V., Stavisky, J., Funderburk, J. E., Andersen, P. C., & Olson, S. M. (2001). Flower nitrogen status and populations of *Frankliniella occidentalis* feeding on *Lycopersicon esculentum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 99, 165-172. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2001.00814.x>
- Castro, P. R. C., & Carvalho, M. E. A. (2014). *Aminoácidos e suas aplicações na agricultura ESALQ*.
- Cloy, R. A. (2009). Western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) management on ornamental crops grown in greenhouses: Have we reached an impasse? *Pest Technology*, 3, 1-9. [http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0906/PT_3\(1\)/PT_3\(1\)1-9o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0906/PT_3(1)/PT_3(1)1-9o.pdf)
- Consejo Municipal de Santiago Sacatepéquez. (2019). *Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial, Municipio de Santiago Sacatepéquez, 2019-2032*. https://portal.segeplan.gob.gt/segeplan/wp-content/uploads/2022/05/306_PDM_OT_SANTIAGO_SACATEPEQUEZ.pdf
- De la Peña, E. (2009). Efectos de la biota edáfica en las interacciones planta-insecto a nivel foliar. *Ecosistemas*, 18(2), 64-78. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/67/64>
- Delgado-Oramas, B. P. (2020). La resistencia inducida como alternativa para el manejo de plagas en las plantas de cultivo. *Revista de Protección Vegetal*, 35(1), 1-12. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v35n1/2224-4697-rpv-35-01-e07.pdf>
- Di Rienzo, J. A., Guzman, A. W., & Casanoves, F. (2002). A multiple comparisons method base on the distributions of the root node distances of a binary tree. *Journal of Agricultural, Biological, and Environment Statistics*, 7(2), 1-14. <https://doi.org/10.1198/10857110260141193>
- Funderburk, J. E. Reitz, S., Stansly, P., Freeman, J., Miller, C., McAvoy, G., Whidden, A., Demirozer, O., Nuessly, G. & Leppla, N. (2018). *Managing thrips in pepper and eggplant*. University of Florida UF/IFAS EDIS.
- Garde-Cerdán, T., Santamaría, P., Portu, J., Martín Rueda, I., González-Arenzana, L., López-Alfaro, I. y López, R. (2014). *Aplicación foliar de urea y fenilalanina en la viña: efecto sobre el contenido de resveratrol y piceido en mosto y vino*. <https://www.researchgate.net/publication/291355590>
- Gowda, J., Garibaldi, L., Pirk, G., Blackhall, M., Chaneton, E., de Paz, M., Diaz, S., Galende, G., Mazía, N., Paritsis, J., Raffaele, E., Relva, M. A. y Sasal, Y. (2014). Hervíboros: Actores clave. En E. Raffaele, M. de Torres Curth, C. Morales, y T. Kitzberger (Eds.), *Ecología e historia natural de la Patagonia Andina: un cuarto de siglo de investigación en biogeografía, ecología y conservación* (pp. 91 – 112). Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
- Mouden, S., Sarmiento, K. F, Klinkhamer, P. G. L., & Leiss, K. A. (2017). Integrated pest management in western flower thrips: past, present and future. *Pest Management Science*, 73(5), 813-822. <https://doi.org/10.1002/ps.4531>
- Mound, L. A. & Marullo, R. (1996). The thrips of Central and South America: An Introduction. *Memoirs on Entomology, International*, 6, 1-488.
- Mound, L. A., Retana-Salazar, A. P. y Heaume, G. (1995). Claves ilustradas para las familias y los géneros de Terebrantia (Insecta: Thysanoptera) de Costa Rica y Panamá. *Revista de Biología Tropical*, 41(3), 709-727.
- Mound, L. A., Wang, Z., Lima, É. F. B., & Marullo, R. (2022). Problems with the Concept of “Pest” among the Diversity of Pestiferous Thrips. *Insects*, 13(1), 61. <https://doi.org/10.3390/insects13010061>
- Ramírez Davila, J. F., Solares Alonso, V. M., Figueroa Figueroa, D. K. y Sánchez Pale, J. R. (2013). Comportamiento espacial de trips (Insecta: Thysanoptera), en plantaciones comerciales de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Zitácuaro, Michoacán, México. *Acta Zoologica Mexicana*, 29(3), 545-562. <https://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v29n3/v29n3a7.pdf>
- Reitz, S. R., Gao, Y., Kirk, W. D. J., Hoddle, M. S., Leiss, K. A., & Funderburk, J. E. (2020). Invasion biology, ecology, and management of western flower thrips. *Annual Review of Entomology*, 65, 17-37. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-024947>
- Veromann, E., Toome, M., Kännaste, A., Kaasik, R., Copolovici, L., Flink, J., Kovács G., Narits, L., Luik, A., & Niinemets, U. (2013). Effects of nitrogen fertilization on insect pests, their parasitoids, plant diseases and volatile organic compounds in *Brassica napus*. *Crop Protection*, 43, 79-88. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.09.001>
- Vincini, A. M., Jacobsen, B., Tulli, M. C., Carmona, D. M. y López, R. (2014). Dinámica poblacional de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) y Thrips tabaci Lindeman en cultivos de papa (*Solanum tuberosum*). *Entomotropica*, 29(1), 17-27. <https://entomotropica.org/index.php/entomotropica/article/download/404/466>
- Zhou, S., Lou, Y. R., Tzin, V., & Jander, G. (2015). Alteration of plant primary metabolism in response to insect herbivory. *Plant Physiology*, 169(3), 1488–1498. <https://doi.org/10.1104/pp.15.01405>

CIENCIA DE LAS PLANTAS

Detección de *Candidatus Liberibacter asiaticus* y fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en viveros de cítricos de Masaya, Nicaragua

Detection of *Candidatus Liberibacter asiaticus* and population fluctuation of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in citrus nurseries in Masaya, Nicaragua

Carlos Joel Melgara Maradiaga¹, Jorge Ulises Blandón Díaz²

MSc en Sanidad Vegetal. Organización Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), Nicaragua. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9207-6982> / cmelgara@oirsa.org

PhD. en Fitopatología, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7904-8853> / ulisesdb@ci.una.edu.ni

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



RESUMEN

La producción de cítricos en Nicaragua es de importancia económica ya que genera divisas al país y además esta industria genera empleos directos e indirectos. Sin embargo, las áreas citricolas están amenazadas por la enfermedad conocida como huanglongbing (HLB), la cual es transmitida por el psílido *Diaphorina citri*. Por lo tanto, la presente investigación tuvo como objetivo principal generar información relacionada con la detección del agente causal del HLB (*Candidatus Liberibacter asiaticus* – CLAs) y la fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* en cuatro viveros de cítricos del departamento de Masaya, Nicaragua. Durante cuatro meses se realizó la detección del agente causal del huanglongbing a través de la técnica de PCR, se determinó la fluctuación poblacional del vector y el efecto del uso de insecticidas sobre la fluctuación poblacional del insecto. En el estudio de fluctuación poblacional se usaron trampas amarillas, las cuales se revisaron a intervalos de ocho días. Se detectó al agente causal del huanglongbing en los cuatro viveros. Los tres estadios del psílido se presentaron durante el periodo de estudio. Los mayores picos poblacionales de los adultos se presentaron en abril, coincidiendo con altas temperaturas y bajas precipitaciones. La variante CLAs es la que estuvo presente en los cuatro viveros. La fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* por vivero fue variable a través del tiempo. Los picos poblacionales más altos se observaron en el mes de abril. Las aplicaciones de insecticidas redujeron las poblaciones de *Diaphorina citri* en cada uno de los viveros.

Palabras clave: Huanglongbing, psílido asiático de los cítricos, trampas amarillas, PCR.

ABSTRACT

Citrus production in Nicaragua is of great economic importance since it generates foreign currency for the country and this industry also generates direct and indirect jobs. However, citrus areas are threatened by the disease known as huanglongbing (HLB), which is transmitted by the psyllid *Diaphorina citri*. Therefore, the main objective of this research was to generate information related to the detection of the causative agent of HLB (*Candidatus Liberibacter asiaticus* – CLAs) and the population fluctuation of *Diaphorina citri* in four citrus nurseries in the department of Masaya, Nicaragua. For four months, the detection of the causative agent of huanglongbing was carried out through the PCR technique, the vector population fluctuation, and the effect of insecticide usage on the insect population fluctuation were determined. In the study of population fluctuation yellow traps were used, which were checked at 8-day intervals. The causal agent of huanglongbing was detected in the four nurseries. All three stages of the psyllid occurred during the study period. The highest population peaks of adults occurred in April, coinciding with high temperatures and low rainfall. The CLAs variant is the one that was present in the four nurseries. The population fluctuation of *Diaphorina citri* by nursery was variable over time. The highest population peaks were observed in the month of April. Insecticide applications reduced the populations of *Diaphorina citri* in each of the nurseries.

Keywords: Huanglongbing, Asian citrus psyllid, yellow traps, PCR.

Recibido: 10 de enero del 2023
Aceptado: 14 de abril del 2023



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 2023. Universidad Nacional Agraria (UNA).

CIENCIA DE LAS PLANTAS

El enverdecimiento de los cítricos o Huanglongbing (HLB) es la enfermedad más devastadora en muchas áreas productoras de cítricos en todo el mundo (Luo *et al.*, 2017; Wang, 2020). El HLB es causado por una alfa-proteobacteria no cultivable, Gram negativa restringida al floema de la planta y de la cual se conocen tres especies, *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas), *Ca. L. africanus* (CLaf), y *Ca. L. americanus* (CLam) (Merfa *et al.*, 2019). Entre estas especies, CLas es la que está más ampliamente distribuida y se ha encontrado en Asia, América del Norte, América del Sur y África, CLaf solo está presente en África y CLam, que se identificó inicialmente en Brasil, está disminuyendo y siendo desplazada por CLas. CLas y CLam son transmitidas por el psílido asiático de los cítricos [(PAC), *Diaphorina citri*] y CLaf por el psílido africano de los cítricos [(PAfC), *Trioza erythrae*] (Wang, 2020).

El HLB se caracteriza por síntomas como el moteado de las hojas, la clorosis asimétrica y el amarillamiento de las nervaduras secundarias y centrales, que se asemejan a ciertas deficiencias nutricionales. Los árboles infectados producen menos frutos que son pequeños, torcidos, de sabor amargo y, a veces, permanecen de color verde (Bové, 2006). El monitoreo regular de las poblaciones del PAC y los síntomas de HLB es esencial para el manejo exitoso del psílido y la enfermedad. Actualmente, la mayoría de los productores manejan *D. citri* con insecticidas que se aplican de forma calendarizada porque no hay cura para la enfermedad y las prácticas de manejo aún dependen de insecticidas para el control debido a los efectos rápidos y visibles sobre la mortalidad del insecto vector (Boina y Bloomquist, 2015; Leong *et al.*, 2022; Qureshi *et al.*, 2014).

El monitoreo de PAC debe hacerse durante todo el año, pero es más importante en la estación seca y debe comenzar tan pronto como aparezcan nuevos brotes en los árboles. Se recomiendan trampas adhesivas amarillas para determinar la presencia y la abundancia de los adultos dentro de las plantaciones y el movimiento de adultos desde lugares adyacentes a las plantaciones de cítricos. Las trampas son más atractivas cuando no hay brote de hojas jóvenes, especialmente después de que el brote se ha endurecido, y son más efectivas en la estación seca que en la estación lluviosa. Se ha estimado que es suficiente colocar cuatro trampas por hectárea, ya que el número requerido para monitorear efectivamente la actividad de vuelo del PAC varía desde 30 m en plantaciones < 2 ha, hasta 150 m en plantaciones más grandes (Leong *et al.*, 2011; Leong *et al.*, 2022).

En el caso del HLB se recomienda revisar todos los árboles en la plantación al menos siete veces al año, cuatro veces en la estación lluviosa y tres veces en la estación seca, para detectar síntomas foliares de la enfermedad. La inspección visual de los árboles por parte de personal

capacitado es una de las formas más utilizadas para detectar árboles con síntomas de HLB (Keremane *et al.*, 2015). La prueba de yodo-almidón también se utiliza para evaluar la acumulación de almidón en hojas sintomáticas. La técnica es barata y rápida, sin necesidad de equipos sofisticados (Etxeberria *et al.*, 2003). Sin embargo, actualmente el método más eficiente para la detección y confirmación de HLB se basa en detecciones moleculares mediante el uso de la prueba de Reacción en Cadena de la Polimerasa en tiempo real (qPCR) (Hansen *et al.*, 2008; Yzquierdo-Alvarez *et al.*, 2021).

La producción de cítricos en Nicaragua es de importancia económica ya que genera divisas al país y además esta industria genera empleos directos e indirectos. Teniendo en cuenta que el HLB y su vector *D. citri* ya han sido reportados en varios sitios de Nicaragua afectando plantaciones establecidas, la presente investigación tiene como objetivo el de generar información relacionada con la ocurrencia del agente causal del HLB (*Candidatus Liberibacter asiaticus*) y el insecto vector *D. citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en viveros de cítricos en el departamento de Masaya, Nicaragua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio. La detección del agente causal del HLB se realizó en el Laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria (UNA). El estudio de fluctuación poblacional del vector *D. citri* se efectuó en cuatro viveros ubicados en el municipio de Masatepe, departamento de Masaya, Nicaragua. Los sitios de los viveros seleccionados se encuentran a una altitud promedio de 455.41 metros sobre el nivel del mar (msnm) y presentan un clima tropical de sabana, con temperaturas promedios de 27.5 °C y precipitaciones anuales que oscilan entre 1 200 mm y 1 400 mm.

Recolección de las muestras para la prueba PCR. Se recolectaron muestras de hojas en cada uno de los viveros y se llevaron al laboratorio de microbiología de la UNA. Se seleccionaron hojas que presentaban síntomas típicos de la enfermedad, tales como: hojas con coloración amarillo pálido con áreas irregulares (asimétricas) de moteado difuso, con nervaduras engrosadas y aclaradas de aspecto corchoso (Coletta-Filho *et al.*, 2004). Estas hojas se utilizaron para extraerles el ADN y posteriormente realizar la prueba de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR). Las plántulas tenían en promedio cuatro meses de edad en el momento que inició el estudio y ocho meses de edad al concluir éste. Se realizaron dieciséis recolectas de muestras en total por vivero (una muestra semanal × 4 meses) teniendo en cuenta que el patógeno tiene un largo período de incubación y de latencia (Gottwald, 2010). En cada mes por vivero, se tomaron 20 plántulas, de las cuales se tomaron las hojas con síntomas de HLB, para un total de 80 plántulas por vivero.

CIENCIA DE LAS PLANTAS

Detección del agente causal del HLB. Para la extracción de ADN de tejido foliar se siguió el procedimiento de Hung *et al.* (1999) con una leve modificación, que consistió en no usar el reactivo Sarkosyl. En un recipiente de porcelana se depositaron aproximadamente 0.5 gramos de venas centrales y pecíolos; se agregaron 3 ml de buffer de extracción de ADN y se procedió a moler los tejidos con un mortero. La suspensión resultante se incubó a 65 °C por una hora; se centrifugó a 12 000 g (13 000 rpm) durante 10 minutos; se transfirieron 300 µl del sobrenadante a un nuevo tubo; se agregaron 100 µl NaCl 5M, 300 µl de CTAB al 2 % y 2 µl de ARN-asa y se mezcló uniformemente. Posteriormente se incubó a 65 °C por 10 min. Se adicionaron 600 µl de CI (cloroformo:alcohol isoamílico = 24:1) y se mezcló mediante inversión. Se centrifugó a 11 000 g (12 000 rpm) durante 10 minutos. El sobrenadante se transfirió a un nuevo tubo de 1.5 ml. Se agregó 600 µl de fenol:cloroformo:alcohol isoamílico en una relación de 25:24:1 y se mezcló mediante inversión. Se centrifugó a 12 000 g (13 000 rpm) por 10 minutos. El sobrenadante se transfirió a un nuevo tubo de 1.5 ml y se agregó 300 µL de isopropanol frío y se mezcló por inversión suave. Se incubó a -20 °C por 30 min, para luego centrifugar a 13 000 g (14 000 rpm) por 10 minutos. Se descartó el sobrenadante y el precipitado se lavó con 200 µl de etanol al 70 %. Se centrifugó nuevamente a 14 000 rpm y se descartó cuidadosamente el etanol y el precipitado se dejó secar hasta que se evaporaron los residuos de etanol. El precipitado se resuspendió en 50 µl de buffer TE. El ADN resuspendido se almacenó a 4 °C.

Una vez finalizada la extracción de ADN de las hojas se continuó con el procedimiento de la PCR convencional y electroforesis. Se utilizaron el par de iniciadores desarrollados por Hocquell *et al.* (1999), los cuales consisten en las siguientes secuencias: el iniciador de sentido rplA2 (TATAAAGGTTGACCTTTGGAGTTT) y el iniciador antisentido rplJ5 (ACAAAAGCAGAAATAGCACGAACAA). Este par de iniciadores permiten distinguir las variantes asiáticas y africanas, ya que amplifican un fragmento de 703 pb (pares de base) para *Ca. Liberibacter asiaticus* (CLas) y de 669 pb para *Ca. Liberibacter africanus* (CLaf). Este par de iniciadores no amplifican las secuencias de la región 16S del ADN ribosomal de la bacteria, sino que están basados en genes proteicos (Operón β) (Fujikawa e Iwanami, 2012). El protocolo de amplificación que se utilizó fue el descrito por Li *et al.* (2007) con leves modificaciones, las cuales se citan a continuación. Se realizó una desnaturalización inicial a 94 °C por tres minutos, seguido de 40 ciclos a 94 °C por 45 segundos, anillamiento a 53 °C por 45 segundos, extensión a 72 °C por un minuto y una extensión final de 72 °C por siete minutos. El producto PCR fue visualizado en agar al 1 %, al cual se le agregó 4 µl del reactivo GelRed para la tinción de los fragmentos de ADN.

Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri*. Se colocaron diez trampas Delta Semiotrap color amarillo y se revisaron cada ocho días durante cuatro meses, para un total de 16 fechas de muestreo, y de esta manera se determinó la fluctuación poblacional del vector. También se recolectaron brotes de las plántulas para realizar el conteo de huevos, ninfas y en algunos casos hasta de insectos adultos de *D. citri* que se encontraban en los brotes. Asimismo, la fluctuación poblacional del vector se relacionó con el número de aplicaciones de insecticidas.

Variables evaluadas. Porcentaje de detección del HLB mediante PCR en muestras de hojas por vivero; número de adultos de *D. citri* capturados por trampa; número de brotes totales por planta; número de huevos, ninfas y adultos por brote nuevo; número de aplicaciones de insecticidas.

Análisis de datos. En el caso de la detección de CLas en tejido vegetal mediante la PCR, se realizó una descripción porcentual de los casos positivos por vivero. Para el análisis de los datos de fluctuación poblacional se realizó un análisis gráfico descriptivo de la fluctuación de adultos y una correlación entre los estadios de huevo, ninfas y adultos y el número de brotes nuevos por plántula en cada vivero. En el caso específico de los adultos, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) tomando como repetición las fechas de muestreo y se usó el software estadístico InfoStat (2008). Las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Detección del agente causal del HLB. En los cuatro viveros se detectó la presencia de HLB a través de la prueba de PCR. El porcentaje de detección de *Ca. Liberibacter asiaticus* fue variable en los cuatro viveros durante los cuatro meses que se recolectaron muestras (Cuadro 1). En los viveros donde se detectaron más casos de HLB fueron en Campos Azules 1 y en el vivero El Román (cuatro casos positivos de 16 muestras analizadas mediante PCR), el porcentaje de detección en estos viveros fue de 25 %, mientras que en los viveros Campos Azules 2 y El Diamante el porcentaje fue de 12.5 %, ya que de 16 muestras analizadas en los cuatro meses se detectaron solamente dos casos positivos de HLB (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de detección de *Ca. Liberibacter asiaticus* en hojas de naranja provenientes de plántulas de cuatro viveros

Vivero	NMAPM	Detección mediante PCR				Total (%)
		Febrero	Marzo	Abril	Mayo	
Diamante	4	0/4	0/4	0/4	2/4	12.5
Campos Azules 1	4	0/4	1/4	0/4	3/4	25.0
Campos Azules 2	4	0/4	1/4	0/4	1/4	12.5
Román	4	0/4	2/4	0/4	2/4	25.0

NMAPM = Número de muestras analizadas por mes.

CIENCIA DE LAS PLANTAS

Aunque el estudio abarcó un período de cuatro meses (febrero-mayo 2017), solamente en dos meses (marzo y mayo) se detectó la presencia del agente causal del HLB en las muestras analizadas a través de PCR (Figura 1). En el mes de marzo, la enfermedad fue detectada inicialmente en muestras tomadas de los viveros Campos Azules 1 (Figura 1, Panel A, carril 2), El Román (Figura 1, Panel B, carriles 10 y 11) y Campos Azules 2 (Figura 1, Panel B, carril 12). En el mes de mayo, el HLB fue detectado en todas las muestras analizadas de los cuatro viveros. Los casos positivos de HLB se registraron en el vivero El Diamante (Figura 1, Panel C, carril 2), vivero Campos Azules 2 (Figura 1, Panel C, carril 4) y Campos Azules 1 (Figura 1, Panel C, carriles 5 y 6). En la Figura 1 (Panel D), se observan casos positivos en el vivero El Román (carriles 7 y 8), El Diamante (carril 9) y Campos Azules 1 (carril 13). Los marcadores *rplA2* (iniciador de sentido) y el *rplJ5* (iniciador de antisentido) amplificaron un fragmento de 703 pares de bases (pb), confirmando que la variante *Ca. Liberibacter asiaticus* es la que estuvo presente en los cuatros viveros donde se realizó el estudio (Figura 1). De esta manera, se descarta la posibilidad de que la variante *Ca. Liberibacter africanus* esté presente en la zona de estudio.

La región intergénica entre los genes *rplA* y *rplJ* es 34 pb más grande en *Ca. Liberibacter asiaticus* que en *Ca. Liberibacter africanus*. Con el iniciador de sentido *frplA2*, seleccionado en el gen *rplA*, y el iniciador de antisentido *r-rplJ5* del gen *rplJ*, se amplifica un fragmento de ADN de 703 pb en *Ca. Liberibacter asiaticus*, mientras que para *Ca. Liberibacter africanus* se obtiene un fragmento de ADN de 669 pb (Arredondo *et al.*, 2016; Bové, 2006).

En general, la detección del agente causal del HLB en los viveros fue errática durante el período de estudio, lo que se atribuye al hecho de que la bacteria provoca una infección sistémica difusa en los tejidos de la planta afectada. La naturaleza discontinua de la infección sistémica inducida por *Ca. Liberibacter asiaticus* indica que la concentración bacteriana en algunas partes de la planta está por debajo del umbral de detección a través de PCR, sin embargo, esas partes aparentemente negativas a la PCR pueden estar infectadas, y aunque son visualmente asintomáticas, el floema en todo el árbol o plántula tiene suficiente carga bacteriana como para que el vector, *D. citri*, pueda adquirir y transmitir al patógeno (Ding *et al.*, 2015; Gottwald, 2010).

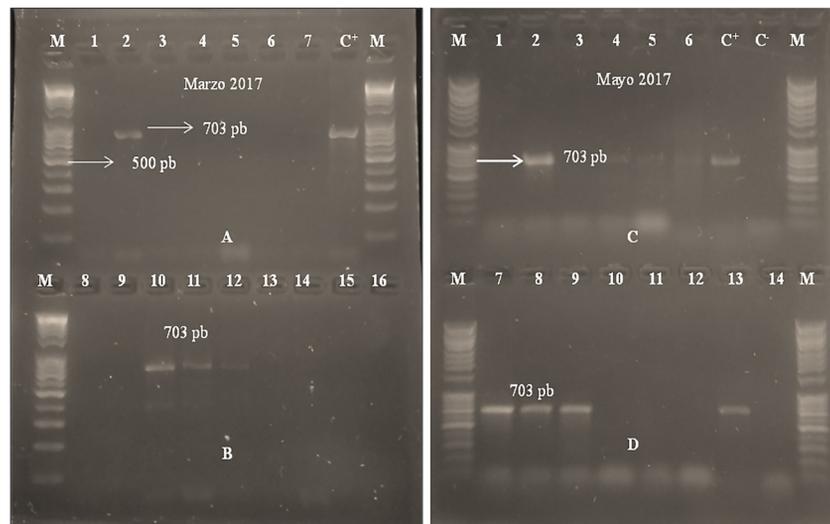


Figura 1. Detección positiva de *Candidatus Liberibacter asiaticus* en marzo (Panel A y B) y mayo (Panel C y D) 2017. En el panel A, la única muestra positiva (carril 2) correspondió al vivero Campos azules 1 y en panel B, las muestras positivas corresponden al vivero El Román (carriles 10 y 11) y al vivero Campos Azules 2 (carril 12). Las demás muestras resultaron negativas. En el panel C, los casos positivos de HLB se registraron en el vivero El Diamante (carril 2), vivero Campos Azules 2 (carril 4), Campos Azules 1 (carriles 5 y 6). En el panel D, los casos positivos corresponden al vivero El Román (carriles 7 y 8), El Diamante (carril 9) y Campos Azules 1 (carril 13). C+ = control positivo, C- = control negativo y M = marcador molecular de 100 pb, A, B, C y D son los paneles.

Por un lado, se ha estimado que en plantaciones de cítricos con árboles de 7-10 años, el período de incubación es de 1 a 2.5 años. Sin embargo, en plantaciones más jóvenes, el período de incubación se estima que es de 6-12 meses (Gottwald, 2010). Existen reportes que indican que el período de latencia es de aproximadamente 15 días (Lee *et al.*, 2015). En el presente estudio, el agente causal del HLB fue detectado en plántulas injertadas de 6 y 8 meses de edad. La temprana detección de la enfermedad en las plántulas injertadas plantea dos alternativas en este estudio: i) las yemas, con las cuales se realizó el injerto estaban contaminadas con la bacteria y provenían de sitios donde la enfermedad está presente, pero todavía no está reportada oficialmente; ii) las plántulas fueron infectadas por insectos adultos de *D. citri* que portaban la bacteria.

La primera alternativa puede tener más aceptación, ya que se ha comprobado que mediante injertación los períodos de incubación y de latencia son más cortos. Por ejemplo, Ahmad *et al.* (2010) reportan que observaron síntomas de HLB a las 12-16 semanas después de haber injertado yemas infectadas con *Ca. Liberibacter asiaticus* en plántulas de mandarina de tres meses de edad. Además, algunas investigaciones en las cuales se ha hecho uso de la PCR para estudiar la capacidad de transmisión de *Ca. Liberibacter asiaticus* a través del psílido asiático de los cítricos (PAC) y a través de injerto,

CIENCIA DE LAS PLANTAS

han demostrado que el PAC tuvo porcentajes de inoculación menos exitosos en las plantas huéspedes que la inoculación a través de injerto (Ukuda-Hosokawa *et al.*, 2015).

Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri*. La fluctuación poblacional de *D. citri* por vivero fue variable a través del tiempo. Los picos poblacionales más altos se observaron en el mes de abril con 17 y 26 insectos adultos capturados en el vivero Campos Azules 1 y El Román respectivamente (Figura 2). Estos resultados muestran la presencia de *D. citri* durante todo el periodo de evaluación, lo cual concuerda con lo reportado por Alemán *et al.* (2007) quienes mencionan que el psílido no tiene diapausa (estado fisiológico de inactividad), por lo tanto, el insecto siempre estará presente y sus poblaciones declinan en los periodos en que las plantas no están en brotación. Aun reportando picos poblacionales bajos en algunas de las fechas de muestreo en cada uno de los viveros en estudio, García *et al.* (2016) plantean que el hecho de poder presentar un potencial de 16 generaciones al año hace que su nivel de daño sea alto, con el agravante de que un nivel bajo poblacional no deja de ser preocupante para un insecto que sirve como vector del HLB.

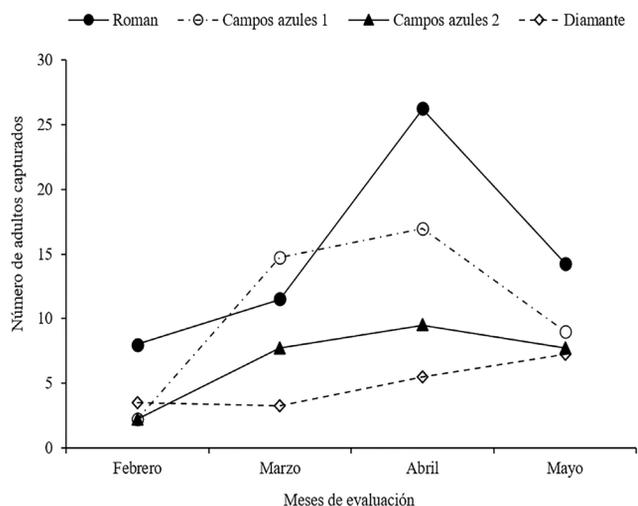


Figura 2. Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* en cuatro viveros del municipio de Masatepe, Masaya, 2017.

No se encontró correlación estadística significativa entre los tres estadios del vector y el número de brotes nuevos en cada vivero. En el vivero El Román se registró el mayor número de individuos de los tres estadios de *D. citri* con un promedio de 28 huevos, 42 ninfas y 15 adultos, mientras que el promedio más alto de brotes se registró en los viveros El Diamante y El Román con 34 cada uno (Cuadro 2). Los

resultados del presente estudio concuerdan con otros estudios donde no se ha encontrado una correlación significativa entre la densidad de adultos de *D. citri* y el número de brotes (Chávez-Medina *et al.*, 2016).

Cuadro 2. Distribución numérica de brotes, huevos, ninfas y adultos de *Diaphorina citri* entre los cuatros viveros de cítricos incluidos en el estudio

Vivero	Brotes	Huevos	Ninfas	Adultos
El Diamante	34	7	15	5
Campos Azules 1	24	14	12	11
Campos Azules 2	23	7	12	7
El Román	34	28	42	15

Sin embargo, en este estudio se pudo constatar que el número de adultos tuvo una tendencia a la disminución cuando el número de brotes también disminuyó en el mes de abril (Figura 3). De tal manera, la presencia de brotes vegetativos jóvenes favorece la presencia de adultos del vector, los cuales ovipositan en estos brotes jóvenes donde posteriormente se desarrollan los huevos y ninfas, lo que también ha sido reportado por Ortega-Arenas *et al.* (2013).

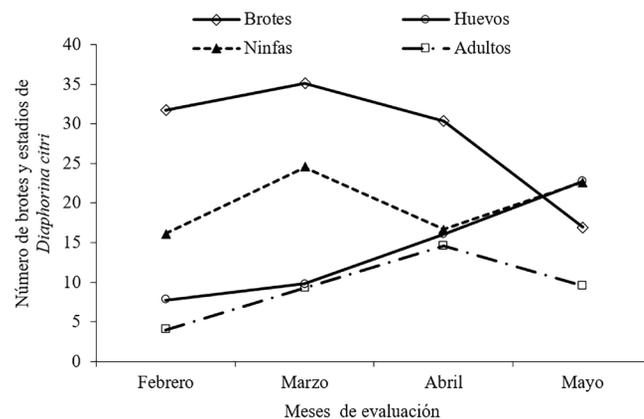


Figura 3. Número promedio de los diferentes estadios de *Diaphorina citri* y de brotes vegetativos según época de muestreo.

Los insecticidas más utilizados para el control de *D. citri* en los cuatros viveros fueron BIODie® (extracto de berberina, ricina, argemonina, terthienyl), Tigre® 25 EC (dimetoato + cipermetrina), Abamectina® 1.8 % EC y Cipermetrina® 25 EC (cipermetrina). Entre estos insecticidas, el más utilizado fue BIODie con un 80 % de uso. En los viveros donde se realizó una mayor cantidad de aplicaciones, las poblaciones de *D. citri* fueron más bajas. En los viveros El Diamante y Campos Azules 2, se realizaron 16 aplicaciones,

CIENCIA DE LAS PLANTAS

coincidiendo con la baja presencia de *D. citri* (5 y 7 adultos respectivamente); seguido por el vivero El Román con ocho aplicaciones y un promedio de 15 capturas y en menor frecuencia el vivero Campos Azules 1 con seis aplicaciones y un total de 11 adultos capturados (Figura 4).

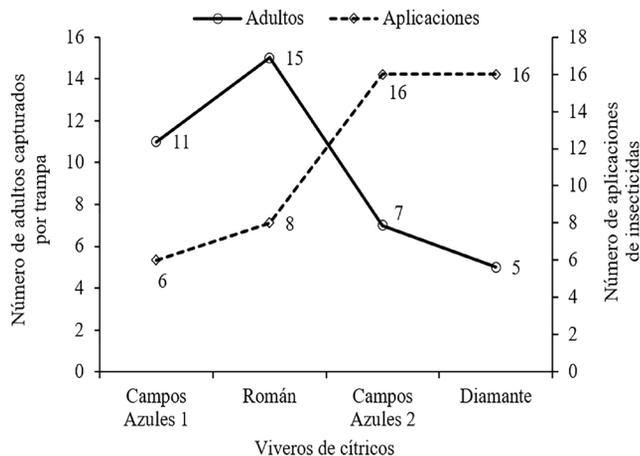


Figura 4. Comparación del número de aplicaciones de insecticidas y el número total de adultos capturados por trampa en los viveros en estudio.

En los últimos años se han propuesto estrategias para controlar a *D. citri*, sin embargo, el control químico es el método que ha mantenido más bajas las poblaciones del

insecto (Ruiz-Galván *et al.*, 2015). El control químico se dirige principalmente hacia el vivero, plantaciones de fomento y plantaciones jóvenes, puesto que los árboles maduros soportan mejor los daños causados por el vector (Alemán *et al.*, 2007). En los viveros donde se realizó una mayor cantidad de aplicaciones, las poblaciones de *D. citri* fueron más bajas, por lo tanto, es notorio el efecto que tienen las aplicaciones de plaguicidas sobre la reducción en las poblaciones de *D. citri* (Figura 4). Sin embargo, el momento, la elección de los productos y los métodos de aplicación durante la temporada de crecimiento están lejos de ser estándar. Se deben tener en cuenta factores como la eficacia, la presión del vector, la disponibilidad de equipos, la conservación de insectos benéficos y el manejo de la resistencia (Qureshi *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

Se detectó la presencia de *Candidatus Liberibacter asiaticus* a través de la prueba de PCR en los cuatro viveros. La fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* por vivero fue variable a través del tiempo. Los picos poblacionales más altos se observaron en el mes de abril. No se encontró correlación estadística significativa entre los tres estadios del vector y el número de brotes vegetativos nuevos. En los viveros donde se realizó una mayor cantidad de aplicaciones de insecticidas químicos, las poblaciones de *Diaphorina citri* fueron más bajas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, K., Sijam, K., Hashim, H., Abdu, A., Rosli, Z. (2010). Assessment of Citrus susceptibility towards *Candidatus Liberibacter Asiaticus*-Terengganu isolate based on vector and graft transmission tests. *Journal of Agricultural Science*, 3(3), 159-166.
- Alemán, J, Baños, H., y Ravelo, J. (2007). *Diaphorina citri* y la enfermedad huanglongbing: una combinación destructiva para la producción cítrica. *Revista de Protección Vegetal*, 22(3), 154-165.
- Arredondo Valdés, R., Delgado Ortiz, J. C., Beltrán Beache, M., Anguiano Cabello, J., Cerna Chávez, E., Rodríguez Pagaza, Y. & Ochoa Fuentes, Y. M. (2016). A review of techniques for detecting Huanglongbing (greening) in citrus. *Canadian Journal of Microbiology*, (62), 803-811.
- Boina, D. R. & Bloomquist, J. R. (2015). Chemical control of the Asian citrus psyllid and of huanglongbing disease in citrus. *Pest Management Science*, (71), 808-823.
- Bové, J. M. (2006). Huanglongbing: A destructive, newly emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology*, (88), 7-37.
- Chávez-Medina, J. A., Flores-Zamora, L. F., Góngora-Gómez, A. M., Gómez Peraza, R. L. y Cristino Baruch García-Negroe, C. B. (2016). Distribución temporal de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en el municipio de Sinaloa, Sinaloa. *Entomología Mexicana*, (3), 324-329.
- Coletta-Filho, H. D., Targon, M. L. P. N., Takita, M. A., De Negri, J. D., Pompeu Jr., J., Machado, M. A., do Amaral, A. M. & Muller, G. W. (2004). First Report of the Causal Agent of Huanglongbing (“*Candidatus Liberibacter asiaticus*”) in Brazil. *Plant Disease*, 88(12), 1382.
- Ding, F., Duan, Y., Paul, C., Bransky, R. H. & Hartung, J. S. (2015). Localization and distribution of “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” in citrus and periwinkle by Direct Tissue Blot Immuno Assay with an Anti-OmpA Polyclonal Antibody. *PLoS ONE*, 10(5): e0123939. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123939>
- Etcheberria, E., González, P., Dawson, W. & Spann, T. (2003). *An Iodine-Based Starch Test to Assist in Selecting Leaves for HLB Testing*; Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida: Gainesville, FL, USA, 2003.

CIENCIA DE LAS PLANTAS

- Fujikawa, T. & Iwanami, T. (2012). Sensitive and robust detection of citrus greening (huanglongbing) bacterium “Candidatus Liberibacter asiaticus” by DNA amplification with new 16S rDNA specific primers. *Molecular and Cellular Probes*, 26(5), 194-197.
- García, Y., Ramos, Y. P., Sotelo, P. A. y Kondo, T. (2016). Biología de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) bajo condiciones de invernadero en Palmira, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 42(1), 36-42.
- Gottwald, T. R. (2010). Current epidemiological understanding of citrus huanglongbing. *Annual Review of Phytopathology*, (48), 119-139.
- Hansen, A. K., Trumble, J. T., Stouthamer, R. & Paine, T. D. (2008). A new huanglongbing species, “Candidatus Liberibacter psyllaourous,” found to infect tomato and potato, is vectored by the psyllid *Bactericera cockerelli* (Sulc). *Applied and Environmental Microbiology*, 74(18), 5862-5865. <https://doi.org/10.1128/AEM.01268-08>.
- Hocquellet, A., Toorawa, P., Bové, J. M. & Garnier, M. (1999). Detection and identification of the two Candidatus Liberibacter species associated with citrus huanglongbing by PCR amplification of ribosomal protein genes of the β operon. *Molecular and Cellular Probes*, 13(5), 373-379.
- Hung, T. H., Wu, M. L. & Su, H. J. (1999). Development of a rapid method for the diagnosis of citrus greening disease using the Polymerase Chain Reaction. *Journal of Phytopathology*, 147(10), 599-604.
- Keremane, M. L., Ramadugu, C., Rodriguez, E., Kubota, R., Shibata, S., Hall, D. G. & Lee, R. F. (2015). A rapid field detection system for citrus huanglongbing associated ‘Candidatus Liberibacter asiaticus’ from the psyllid vector, *Diaphorina citri* Kuwayama and its implications in disease management. *Crop Protection*, 68(2015), 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.10.026>
- Lee, J. A., Halbert, S. E., Dawson, W. O., Robertson, C. J., Keesling, J. E. & Singer, B. H. (2015). Asymptomatic spread of huanglongbing and implications for disease control. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(24), 7605-7610. <https://doi.org/10.1073/pnas.1508253112>
- Leong, S. C. T., Abang, F., Beattie, G. A. C., Kueh, J. H. & Wong, S. K. (2011). Seasonal population dynamics of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama in Sarawak. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6, 536-543.
- Leong, S. S., Leong, S. C. T. & Beattie, G. A. C. (2022). Integrated Pest Management Strategies for Asian Citrus Psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) and Huanglongbing in Citrus for Sarawak, East Malaysia, Borneo. *Insects*, 13, 960. <https://doi.org/10.3390/insects13100960>
- Li, W., Hartung, J.S. & Levy, L. (2007). Evaluation of DNA amplification methods for improved detection of “Candidatus Liberibacter species” associated with citrus huanglongbing. *Plant Disease*, (91), 51-58.
- Luo, L., Gao, S., Ge, Y. & Luo, Y. (2017). *Transmission dynamics of a huanglongbing model with cross protection. Advances in Difference Equations*, 1:355. <https://doi.org/10.1186/s13662-017-1392-y>.
- Merfá, M. V., Pérez-López, E., Naranjo, E., Jain, M., Gabriel, D. W. & De La Fuente, L. (2019) Progress and obstacles in culturing ‘Candidatus Liberibacter asiaticus’, the bacterium associated with Huanglongbing. *Phytopathology*, 109, 1092-1101.
- Ortega-Arenas, L. D., Villegas-Monter, A., Ramírez-Reyes, A. J. y Mendoza-García, E. E. (2013). Abundancia estacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en plantaciones de cítricos en Cazonos, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 29(2), 317-333.
- Qureshi, J. A., Kostyk, B. C. & Stansly, P. A. (2014). Insecticidal suppression of Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) vector of Huanglongbing pathogens. *PLoS ONE* 9(12): e112331. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112331>.
- Ruiz-Galván, I., Bautista-Martínez, N., Sánchez-Arroyo, H. y Valenzuela Escoboz, F. A. (2015). Control Químico de *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Hemiptera: Liviidae) en Lima Persa. *Acta Zoológica Mexicana*, 31(1), 41-47.
- Ukuda-Hosokawa, R., Sadoyama, Y. & Kishaba, M. (2015). Infection density dynamics of the citrus greening bacterium “Candidatus Liberibacter asiaticus” in field populations of the psyllid *Diaphorina citri* and its relevance to the efficiency of pathogen transmission to citrus plants. *Applied and Environmental Microbiology*, 81(11), 3728-3736. <https://doi.org/10.1128/AEM.00707-15>
- Wang, N. (2020). A perspective of citrus Huanglongbing in the context of the Mediterranean Basin. *Journal of Plant Pathology*, 102, 635-640. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00555-w>
- Yzquierdo-Alvarez, M. E., Ortiz-García, C. F. & Rincón-Ramírez, J. A. (2021). Detection of huanglongbing of citrus (Citrus sp.) through Sentinel-2satellite images in Huimanguillo, Tabasco, Mexico. *Agro Productividad*, 14(12), 119-126. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i12.2053>

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Asocios de cultivos en camellones prehispánicos y su efecto en las propiedades del suelo

Crop association in pre-hispanic raised beds and their effect on soil properties

Moisés Agustín Blanco Navarro¹, Bryan Mendieta², Lester Rocha³

¹ MSc. Facultad de Agronomía, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0170-343X>, moises.blanco@ci.una.edu.ni

² PhD. Facultad de Ciencia Animal, Facultad de Ciencia Animal, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8077-7420>/bryan.mendieta@ci.una.edu.ni

³ PhD. Facultad de Ciencia Animal, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0622-9733> / lester.rocha@ci.una.edu.ni

Universidad Nacional Agraria, Nicaragua,

Autor de correspondencia: moises.blanco@ci.una.edu.ni



RESUMEN

Los pueblos originarios realizaban agricultura de manera muy diferente a la impuesta por los europeos en el siglo XVI, una de sus formas eran los camellones prehispánicos, estructuras elevadas del suelo que permiten mantener húmedo y bien drenado el suelo en la época seca y lluviosa, un método de labranza amigable con el entorno, contrastando con la labranza convencional de intenso laboreo del suelo. En la finca El Madroño propiedad de Cooperativa de Proyectos Agropecuarios de Diriamba, se condujeron ensayos en 2017 y 2018, con el objetivo de conocer el efecto que la labranza tiene sobre las propiedades hidrofísicas y químicas del suelo comparando dos métodos: camellones prehispánicos y labranza convencional. En cada uno se establecieron tres sistemas de asocio de cultivos: maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz, frijol y ayote (*Cucurbita argyrosperma* H.) y maíz pujagua y amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), extrayendo tres muestras de suelo (junio, septiembre y diciembre). Se estableció un diseño de parcelas divididas con medidas repetidas en el tiempo con estructura de parcelas en BCA, encontrándose un incremento de la retención de humedad en el sistema de camellones prehispánicos con 3.2 % en junio, 0.1 % en septiembre y 2.5 % en diciembre, comparado con los de labranza convencional, así como mejores valores de densidad aparente (0.83 g cm³) y una disminución de la temperatura del suelo (2.6 grados menos). Los valores de materia orgánica (6.69 %), pH (6.70), tanto como las cantidades de nitrógeno (0.30 %), fósforo (6.03 partes por millón) y potasio (1.81 meq 100/g de suelo) también se manifiestan de manera superior en el sistema de camellones prehispánicos a los obtenidos en labranza convencional, por lo que representan una opción agroecológica viable.

Palabras clave: nutrición, fertilidad, pueblos originarios, rescate de conocimientos ancestrales.

ABSTRACT

Our original peoples carried out agriculture in a very different way from that imposed by the Europeans in the 16th century, one of its forms were the pre-Hispanic raised beds, elevated soil structures that allowed it to be kept moist in the dry season and well drained in the rainy season, a farming method friendly to the environment, contrasting with conventional farming of intense soil tillage. At the El Madroño farm owned by COOPAD, Diriamba, trials were conducted in 2017 and 2018 to determine the effect that tillage has on the hydrophysical and chemical properties of the soil, comparing two methods: pre-Hispanic raised beds and conventional tillage. In each one, three crop association systems were established: Maize (*Zea mays* L.) and common beans (*Phaseolus vulgaris* L.), Maize, common beans and squash (*Cucurbita argyrosperma* H.) and Pujagua maize and amaranth (*Amaranthus cruentus* L.), extracting three soil samples (June, September and December). It was established in a divided plot design with repeated measures in time with plot structure in BCA, finding an increase in moisture retention in Pre-Hispanic raised beds systems of 3.2 in June, 0.1 in September and 2.5 % in December, compared to the of conventional tillage as well as better apparent density values (0.83 g cm³) and a decrease in soil temperature (2.6 degrees less). The values of organic matter (6.69 %), pH (6.70), as well as the amounts of nitrogen (0.30 %), phosphorus (6.03 parts per million) and potassium (1.81 meq 100/g of soil) are also manifested in a higher way. in the system of pre-Hispanic raised beds to those obtained in conventional tillage, which is why they represent a viable agroecological option.

Keywords: Nutrition, fertility, native peoples, rescue of ancestral knowledge.

Recibido: 14 de julio del 2022

Aceptado: 2 de febrero del 2023



Copyright 2023. Universidad Nacional Agraria (UNA).

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

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

El carácter migrante del hombre cambió al sedentarismo con el descubrimiento de la agricultura. Esta comenzó “durante el Neolítico, hace unos 10 000 años” (Leguizamón, 2018, p. 9), “en su fase inicial, se desarrolló de manera independiente en diferentes partes del mundo” (Krapovickas, 2010, p. 195), como Mesopotamia y Mesoamérica, de igual manera, los ambientes eran muy diferentes, en las zonas templadas de Mesopotamia, la baja humedad ambiental y el frío del invierno, endurecían el suelo haciendo necesaria la invención del arado para roturarlo, mientras, en las zonas tropicales de Mesoamérica, con alta humedad ambiental y suelos más francos, no requerían implementos para roturar la tierra. Debió crearse otro tipo de agricultura, adecuada a las condiciones tropicales. Rojas (2013), indica que “se trata de un modelo posible según el cual, las sociedades mesoamericanas, habrían descansado en la capacidad de su agricultura para producir e incrementar los excedentes necesarios para su desarrollo” (p. 49). Así, en dos ambientes diferentes, grandes comunidades humanas vivieron de diferente manera el hacer la agricultura.

Al llegar a América los españoles, herederos de la cultura agrícola de Mesopotamia, no comprendieron el sistema de siembra que encontraron e impusieron el que ellos usaban. Con el paso del tiempo, la agricultura precolombina, usando camellones prehispánicos, que son “montículos de tierra que permite almacenar y aprovechar mejor el agua” (Denevan, 2017, p. 18), variedades vegetales múltiples, no laboreo del suelo y uso de cobertura, quedó en el olvido, cambiándose por una labranza convencional con surcos a ras del suelo, monocultivista, con laboreo intenso, a suelo desnudo y por supuesto, uso de agroquímicos. Este sistema de producción ha mostrado serios problemas de sostenibilidad, porque aumenta “la degradación de las tierras mediante la erosión del suelo y la compactación” (León *et al.*, 2018, p.15), y “disminuye la materia orgánica y la biodiversidad asociada a ella” (Rosset y Altieri 2018, p. 25).

Los antepasados sembraban en camellones prehispánicos, al ser áreas elevadas del suelo, le daba una doble ventaja, pues retenían humedad en caso de sequía y protegían las raíces en caso de inundación, posteriormente depositaban encima cobertura muerta de arvenses que al descomponerse nutrían el suelo, estos camellones prehispánicos, contrastan con la agricultura convencional, a ras del suelo y sin cobertura. Es evidente que el suelo es la base de la agricultura, por lo que un manejo amigable con el ambiente, ayudará a protegerlo y elevará sus propiedades nutricionales y de sostén para los cultivos.

Las propiedades hidrofísicas del suelo, se ven afectadas por el uso del suelo, incluyendo los métodos de labranza. Martín *et al.* (2016), afirman que “el laboreo convencional puede favorecer la destrucción de la estructura,

pérdida de materia orgánica, compactación y emisión de CO₂ a la atmósfera” (p. 1). En cuanto a las propiedades hidrofísicas como la temperatura del suelo, García *et al.* (2016), indican que “influye en la manera en la que la planta adquiere el recurso agua” (p. 1).

Lo que, de igual manera, las propiedades químicas del suelo sufren afectación con la labranza. Con respecto a la materia orgánica del suelo, Galvis *et al.* (2016) sostienen que “aumenta la porosidad del suelo favoreciendo el desarrollo de macroorganismos que excavan en busca de comida. Estos túneles y galerías sirven para mezclar y remover el suelo y permiten el paso de cantidades importantes de agua y aire” (p. 2). En referencia a los elementos mayores, Acevedo *et al.* (2011), manifiestan que “tanto en el sistema orgánico y convencional, la importancia del estudio del nitrógeno se debe a que es uno de los elementos más limitantes en la producción de cultivos” (p. 326). Por su parte Sadeghian-Khalajabadi y Arias-Suarez (2018), mencionan que “el potasio es considerado el catión más importante en la fisiología de las plantas, no solo por su contenido en los tejidos vegetales, sino por las funciones que desempeña en la translocación de azúcares” p. 35).

Tomando en consideración lo antes expuesto, se planteó este trabajo, con el objetivo de evaluar las propiedades hidrofísicas: densidad aparente, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y temperatura, así como algunas químicas del suelo (pH, materia orgánica, nitrógeno (N), fósforo (P), y potasio (K), ya que estas determinan el impacto de los sistemas de asocio de cultivo, sobre la calidad del suelo, contrastando dos métodos de labranza: camellones prehispánicos y labranza convencional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y fecha de estudio. En el periodo de mayo a diciembre en los años 2017 y 2018 en Nicaragua, se realizó esta investigación en la finca El Madroño, de la Cooperativa de Proyectos Agropecuarios de Diriamba (COOPAD), ubicada en las Coordenadas geográficas 11°51'13" de latitud norte y 86°15'10" de longitud oeste a una altitud de 580 msnm. Los suelos son de textura arcillosa [Universidad Nacional Agraria (UNA, 2011)], con precipitación anual entre 1 600 mm y 1 800 mm y clima de tipo húmedo, relativamente fresco, con temperatura entre 23 °C y 24 °C [Instituto Nacional de Información y Desarrollo (INIDE, 2017)].

Descripción del experimento. Se evaluaron dos métodos de labranza: camellón prehispánico según descripción de Denevan (2017, p. 18), y labranza convencional, consistente en retiro de cobertura, remoción del suelo y formación de surcos a ras del suelo. Cada método de labranza contenía tres sistemas de asocio de cultivo; para el primer sistema: maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), se sembraron

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

tres surcos en cada camellón separados a 0.30 m; en los surcos laterales se usó una distancia de 0.50 m entre planta y planta de maíz y 0.50 m entre planta y planta de frijol, se intercalaron una planta de maíz y una de frijol en el mismo surco. En el surco interior se establecieron plantas de frijol a una distancia de 0.25 m entre plantas y 0.30 m entre surcos. El segundo sistema llamado Tres Hermanas: maíz y frijol como en el caso anterior, más el cultivo de ayote (*Cucurbita argyrosperma* H.), sembrado en el centro de cada camellón a 1 m entre posturas, quedando dos plantas por surco. El tercer sistema fue: maíz Pujagua (*Zea mays* L. vr Pujagua) y amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), sembrando maíz en los surcos laterales del camellón a una distancia de 0.50 m entre plantas y 0.3 m entre surcos, luego se sembró amaranto a chorro continuo en el surco central del camellón. Las variedades de los cultivos utilizadas fueron: maíz NB-6 y Pujagua, Frijol INTA Sequia Precoz, Ayote Cuarenteño y Amaranto Rojo.

El área de la finca donde se realizaron los ensayos ha estado designada por varios años, al cultivo de granos básicos con manejo orgánico.

Diseño experimental. El ensayo se estableció como un diseño de parcelas divididas con medidas repetidas en el tiempo con estructura de parcelas en BCA. Los años de estudio (2017 y 2018) fueron los bloques. Los métodos de labranza se asignaron a las parcelas, los sistemas agrícolas de cultivo (maíz-frijol, maíz-frijol-ayote y maíz pujagua-amaranto) se asignaron a las subparcelas, y las observaciones en el tiempo (junio, septiembre y diciembre) se asignaron a las sub-subparcelas. El área experimental fue de 10 m de largo por 9 m de ancho (90 m²), para cada método de labranza se delimitó un área útil de 10 m de largo por 3 m de ancho (30 m²) y para cada sistema de cultivo de 10 m de largo por 1 m de ancho (10 m²). Describiendo gráficamente, quedaron dos parcelas apareadas, en las que en una se preparó el suelo (factor A) en camellones prehispánicos y la otra con labranza convencional, en cada una de ellas se establecieron (factor B) tres sistemas de cultivo, los datos se tomaron en junio, septiembre y diciembre.

Manejo del ensayo. Los camellones prehispánicos se construyeron 30 días antes de la siembra, cortando las arvenses y retirándolas del área delimitada. Para conformar los camellones, se abrieron cuatro zanjas de 0.25 m de ancho y 10 m de largo, con una profundidad de 0.50 m, separadas 1 m entre sí, la tierra que fue extraída del canal, se depositó al centro para la formación de los camellones de 0.3 m de alto, 1 m de ancho y 10 m de longitud; estableciendo un total de tres camellones en la parcela. Una vez realizados los camellones se depositaron encima las arvenses cortadas al inicio del proceso, como cobertura muerta, esto con el objetivo de conservar la humedad del suelo, favorecer los contenidos de materia orgánica e impedir la emergencia de arvenses.

En el caso de la parcela destinada a labranza convencional, fue preparada el día de la siembra del ensayo, para esto, se cortaron las arvenses y se retiraron de la parcela, se removió el suelo utilizando azadón, dejándolo descubierto y posteriormente se realizaron surcos para la siembra según el sistema agrícola de cultivo.

Variables evaluadas. Se tomó una muestra de suelo (0.30 m de profundidad) en cada sistema de cultivo de acuerdo con el método de labranza correspondiente. El muestreo ocurrió en tres momentos (observaciones en el tiempo), inicio (junio), intermedio (septiembre) y final (diciembre), en ambos ciclos de cultivo (2017 y 2018). Tanto para las propiedades hidrofísicas densidad aparente (g cm⁻³), capacidad de campo (%), punto de marchitez permanente (%) y temperatura (°C), como las de fertilidad química pH, materia orgánica (%), nitrógeno (%), fósforo (ppm) y potasio (meq/100 g).

Propiedades hidrofísicas del suelo

Densidad aparente (Da). Para su determinación se utilizó el método del cilindro, que consiste en introducir en el suelo, a 0.20 m de profundidad, un cilindro biselado de 100 cm³, nivelando los bordes con el suelo. Luego se procedió al secado de la muestra en una estufa a 105 °C por 24 horas, hasta obtener un peso constante y registrar su valor (g cm⁻³).

Capacidad de campo (CC) y Punto de marchitez permanente (PMP). Ambas se determinaron a través del método de la olla de Richards (Romero *et al.*, 2020).

Temperatura del suelo (°C). Se registró utilizando un termómetro de suelo (Soil thermometer From Roth Selection), graduado en °C; éste se introdujo en el sustrato a una profundidad de 0.2 m durante dos minutos, iniciando a las 10 am.

Fertilidad química del suelo. Reacción del suelo (pH), materia orgánica (%), contenido de nitrógeno (%), fósforo (ppm) y potasio (meq / 100 g de suelo), utilizando la metodología NOM-RECNAT-2000 de Luiselli (2002, pp.13, 20, 25, 30 y 51), por establecer las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos y ser aceptada internacionalmente en estudios, muestreo y análisis.

La extracción de las muestras de suelo se realizó a 0.3 m de profundidad con un barreno helicoidal. Luego de colectadas todas las muestras, se trasladaron al laboratorio de suelo y agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria, en Managua, para su respectivo análisis.

Análisis de los datos. Las variables se analizaron usando modelos lineales mixtos. Para cada variable, el modelo completo consistió en el ajuste de todos los efectos

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

principales e interacciones. Se utilizó la Prueba de Razón de Verosimilitud y el Criterio de Información de Akaike, como métodos para seleccionar el modelo adecuado mínimo. Se realizó análisis de residuales por medio de inspección visual de gráficos para detectar violaciones de los supuestos de homocedasticidad, normalidad e independencia. En los casos de heterocedasticidad, el modelo incluyó una estructura de función de varianza que permitiera diferentes varianzas por estrato, y en los casos de presencia autocorrelación serial, se incluyó una estructura de correlación autorregresiva de primer orden. Se realizó comparaciones múltiples usando la Prueba de Tukey. Todos los análisis fueron realizados con el software estadístico R (R Core Team 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades hidrofísicas del suelo

Densidad aparente (Da). No se encontraron diferencias significativas para la variable Densidad aparente con relación a Métodos de labranza ni Sistema de asocio, sin embargo, si hubo para las Observaciones en el tiempo, donde los valores van en descenso desde junio (0.97 g cm^3) hasta diciembre (0.83 g cm^3). De acuerdo con la escala usada por Flores y Alcalá (2010, p. 38); todos los valores son clasificados como muy baja (<1) por lo que podría inferirse que son suelos propios para la agricultura. Con el tiempo, se reflejó un descenso en este parámetro, traduciéndose como una alteración gradual por disminución de la compactación, debido al aumento de los contenidos de materia orgánica, debido a esto se podrá observar más facilidad de enraizamiento y mejor movimiento del agua a través de los macro y microporos. Según Villalobos-Barquero y Meza-Montoya (2019), “La compactación causa disminución de los rendimientos en los cultivos, promueve la erosión, la escorrentía superficial y el limitado crecimiento de las raíces” (p. 1). Esta conceptualización está en concordancia con autores como Novillo *et al.* (2018), quienes afirman que “la Densidad aparente del suelo, es utilizada como indicador de calidad del suelo, pudiendo revelar el grado de compactación del suelo y las limitaciones para el crecimiento de las raíces” (p. 178).

Capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). Se encontró diferencias significativas en la variable capacidad de campo y en la interacción métodos de labranza y observaciones en el tiempo cómo se aprecia en la Figura 1. Los datos de capacidad de campo estuvieron en el rango medio (20 % - 40 %) de acuerdo con Chicas *et al.* (2014). Los datos indican una interacción significativa entre las variables métodos de labranza y observaciones en el tiempo, disminuyendo en camellones prehispanicos en junio 36.9 %, septiembre 31.7 % y diciembre 31.4 %, y labranza convencional en junio 35.8 %, septiembre 31.7 % y diciembre 28.0 %. En los primeros meses del año, el suelo se encontraba

más compactado, por lo que se observa mayor acumulación de agua, al avanzar las Observaciones en el tiempo, se aprecia un descenso en cuanto a la retención de agua, en diciembre los camellones prehispanicos presentan una estabilidad en el tiempo y se logra una mayor retención de agua lo que es más conveniente a los cultivos, puesto que la cantidad de oxígeno en el suelo, depende de la cantidad de agua, estos valores son influenciados por a la adición de materia orgánica, aseveración confirmada por Flores y Alcalá (2010), quienes mencionan que “la Capacidad de campo se ve afectada por el tipo y contenido de materia orgánica” (p. 25).

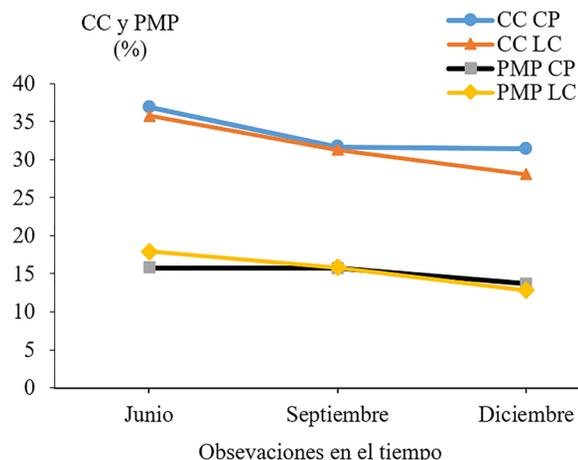


Figura 1. Capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP), relacionados con labranza en camellones prehispanicos (CP) y labranza convencional (LC) según observaciones en el tiempo, El Madroño, Diriamba, 2018.

En referencia al punto de marchitez permanente, existe una interacción significativa ente métodos de labranza y observaciones en el tiempo, mostrando un descenso sostenido en ambos métodos de labranza, sin embargo camellones prehispanicos presenta un mayor equilibrio (junio 15.8 %, septiembre 15.7 % y diciembre 13.7 %), al compararlos con labranza convencional (junio 17.9, septiembre 15.8 y diciembre 12.8 %) como se indica en la Figura 1.

Equilibrar los suelos es una parte fundamental en la gestión de cualquier explotación agrícola. Todos los valores obtenidos caen dentro del rango de valores medios de acuerdo con Chicas *et al.*, (2014).

Se puede observar que en camellones prehispanicos hay un mayor equilibrio que en labranza convencional, debido a la adición de materia orgánica en estas parcelas. En la práctica, se utiliza este concepto para indicar el límite inferior del intervalo de agua disponible en el suelo (Flores y Alcalá, 2010). Se observa diferencia entre los momentos de muestreo sobre todo en junio, pero no entre el sistema de labranza, pues el comportamiento es similar. La labranza está influyendo

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

positivamente en el punto de marchitez permanente, pues presenta disminución con el avance del tiempo en ambos casos, pero el punto de marchitez permanente encuentra un mejor equilibrio en función de la humedad del suelo, lo cual indica una alta porosidad, provocando mayor infiltración y aeración, coincidiendo esto con la capacidad de campo (Figura 1), lo que es favorable a los cultivos pues permite a la planta, extraer el agua del suelo. Obtener esta información es muy útil, Hernández *et al.* (2018), afirman que “para conocer de manera satisfactoria la disponibilidad de agua es necesario conocer los valores de capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. Aunque la determinación de estos parámetros no es sencilla” (p. 316).

En la Figura 1 se presenta un patrón normal, pues se considera a grandes rasgos que “el punto de marchitez permanente es aproximadamente la mitad de los valores de capacidad de campo” (Zotarelli *et al.*, 2019, p. 2). Por su parte Flores y Alcalá (2010), señalan que “la capacidad de retención de agua disponible es la cantidad de agua retenida por el suelo que puede ser absorbida por las plantas” (p. 25), esto implica que la diferencia entre los valores de humedad de capacidad de campo y punto de marchitez permanente representan el agua útil, siendo en el caso de camellones prehispánicos de 21.1 %, 16 % y 17.7 %, y en los sistemas de labranza convencional 17.9 %, 15.9 % y 15.2 % para los meses de junio, septiembre y diciembre respectivamente. Estos representan un incremento de 3.2 % y, 0.1 % y 2.5 % en el sistema de camellones prehispánicos.

Temperatura del suelo (T°). La temperatura del suelo fue disminuyendo en el tiempo (junio 27.9 °C, septiembre 26.6 °C y diciembre 25.3 °C), observándose diferencias de temperatura de 2.6 grados menos de junio a diciembre. La temperatura va en descenso a medida que se acercan los meses fríos del año al final del ciclo en los meses de noviembre y diciembre, de acuerdo con el patrón regular para la zona (INIDE, 2017). También la temperatura del suelo está altamente ligada a la cantidad de materia orgánica, al aumentar la temperatura aumenta la mineralización de la materia orgánica, producto de la actividad microbiana, este descenso de temperatura se explica por una mayor acumulación de materia orgánica en las observaciones en el tiempo, lo cual se aprecia en junio 5.07 %, septiembre 5.79 % y diciembre 6.69 %.

A medida que se vaya practicando la agricultura prehispánica, lo que implica la no remoción del suelo y uso de cobertura, por tanto materia orgánica, se espera que seguirá habiendo cambios positivos en la temperatura para los cultivos. Esto está en concordancia con Huerta *et al.* (2018), los que sostienen que “la cobertura vegetal y las raíces de los cultivos, encima y en la superficie del suelo, reducen la insolación directa” (p. 161). El descenso de temperatura es esperado en camellones prehispánicos al compararse con

labranza convencional, encontrándose una diferencia de 1.44 °C. La temperatura alta, de las parcelas sin cobertura, tendrá influencia en la acidificación de los suelos.

Fertilidad química del suelo

pH del suelo. Se presentan valores de pH de suelo, que según la escala de NOM-REC/NAT-2000 (Luiselli, 2002, p. 13), son medianamente ácidos (junio 6.49, septiembre 6.46 y diciembre 6.70), se aprecia que con el tiempo, aumenta el pH y forma la linealidad, esto puede interpretarse, como un nivel óptimo de pH en cuanto a fertilidad del suelo se refiere, ya que es un parámetro esencial en la absorción de nutrientes. Muchos cultivos se desarrollan mejor con valores cercanos a la neutralidad o neutros (6.5 – 7), ya que los elementos nutritivos están disponibles entre estos valores.

La diferencia en pH de junio a diciembre fue de 0.21, lo cual es normal en el tiempo, puesto que para un aumento de 0.20 en pH, se requiere el paso de dos a tres meses, esto posiblemente debido a la descomposición de los residuos de tallos de maíz, ricos en calcio (Ca) y magnesio (Mg), como ya lo han reportado Treviño *et al.* (1974, p. 4), debido a que son elementos que contribuyen con la alcalinidad del suelo; por tanto, se deduce la importancia que representa, agrónomicamente, el uso del componente orgánico dentro de los programas integrales de control de la acidez (Castro y Munevar, 2013).

“Si el suelo es excesivamente ácido, entonces en el complejo de cambio del suelo abundan los hidrogeniones y el Al” (Toledo, 2016, p. 24), impidiendo que otros elementos necesarios tales como el potasio permanezcan en él, pasando a la fracción soluble y siendo fácilmente eliminados con el agua de lluvia o de riego, Esto lo confirma Toledo (2016), cuando enuncia que “bajo condiciones naturales, la acidificación se asocia con la lixiviación de bases intercambiables por el agua de infiltración” (p. 36). El componente orgánico es aportado por la cobertura de los camellones prehispánicos, los que al descomponerse reducen la acidez.

Materia orgánica del suelo (%). Según NOM-REC/NAT-2000 (Luiselli, 2002, p. 20) los valores de materia orgánica se clasifican como altos (junio 5.07 % y septiembre 5.79 %) y muy altos (diciembre 6.69 %), Al comparar las observaciones en el tiempo, se encontró que se aumentó en 1.62 %, demostrándose con esto la acumulación de materia orgánica. Los valores obtenidos superan a los reportados por Medina *et al.* (2017), quienes encontraron valores de materia orgánica de 3.26 % a 5.82 %. (p. 505). Los resultados en esta investigación aumentan estos valores, debido a la cobertura, la que aumenta la materia orgánica. Esta a su vez, influye en el pH, en junio presentó un pH medianamente ácido de 6.49, el que aumentó hasta llegar en diciembre (6.70), de esta manera la cobertura hace que se logre estabilizar los nutrientes,

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

puesto que, según Toledo (2016), “cuando se aplica materia orgánica, se incrementa el pH, reduciéndose el efecto tóxico por excesos de elementos como el Al y el Mn” (p. 62). Esta estabilidad presupone mayor disponibilidad y continuidad de valores muy altos. Las prácticas agroecológicas aumentan los contenidos de materia orgánica del suelo. Además, los residuos de cosecha se constituyen en un aumentan la materia orgánica, lo que se refleja en el aumento de esta en diciembre, cuando ya habían pasado tres meses de la cosecha de maíz y cuatro meses de la cosecha frijol.

Nitrógeno en el suelo. Considerando la escala de NOM-RECNAT-2000 (Luiselli, 2002, p. 51), los valores iniciales en junio y septiembre son altos (0.27 % y 0.28 % respectivamente), pues está comenzando la acumulación y descomposición de la materia orgánica; en diciembre (0.30 %), ya se ha acumulado materia orgánica suficiente y con ello aumentar los valores nitrógeno. Los valores de N son producto de la disponibilidad de materia orgánica, a mayor contenido de materia orgánica se espera más contenido de N. Estas consideraciones están de acuerdo con autores como Martínez y Galantini (2018), los que refieren que “el N acumulado en la biomasa comienza a ser reciclado, quedando disponible de nuevo para las plantas” (p. 7). Los aumentos en contenidos de N se explican también por la simbiosis entre los cultivos en el sistema, referente a esto, Martín *et al.* (2017), menciona que “una forma sostenible de incorporar nitrógeno a los sistemas agrícolas es la inserción de cultivos de plantas que establezcan simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógenos presentes en el suelo, capaces de realizar la fijación biológica” (p. 123).

No fue posible detectar diferencias significativas en los sistemas de labranza, ya que los microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica están influenciados por diferentes factores, entre ellos la temperatura (junio 27.9 °C, septiembre 26.6 °C y diciembre 25.3 °C), factor que fue muy similar en ambos sistemas de labranzas.

Fósforo en el suelo. Los valores de fósforo según la escala de NOM-RECNAT-2000 (Luiselli, 2002, p.25), son bajos (camellones prehispánicos = 6.03 ppm y labranza convencional = 3.43 ppm). Sin embargo, se registran diferencias significativas entre los sistemas de labranza (Figura 2).

Los valores mayores de fósforo que se observan en los camellones prehispánicos (6.03 ppm), son debido a una mayor cobertura (materia orgánica) en el suelo, esto coincide por lo expresado por Subero *et al.* (2016), los que enuncian que “Los cambios en los métodos de labranza,

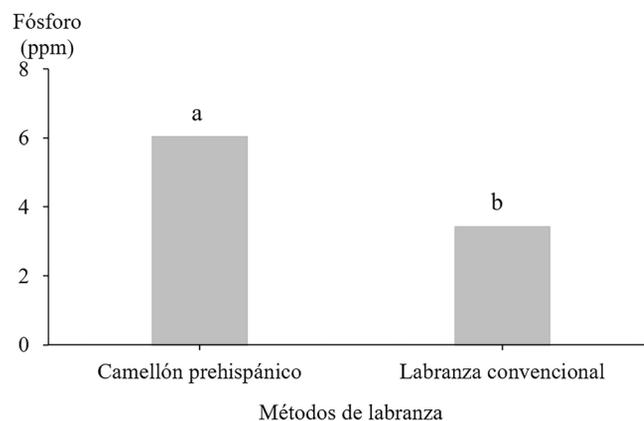


Figura 2. Contenido de fósforo (ppm), relacionados con los métodos de labranza, El Madroño, Diriamba, 2018.

junto con la incorporación de los residuos de cosecha, alteran los cambios de la materia orgánica en los suelos y por consiguiente, la disponibilidad del P” (p. 81). En referencia a la presencia de fósforo en el tiempo, este fue en ascenso constante (junio 3.74 ppm, septiembre 4.71 ppm y diciembre 5.72 ppm), evidenciando la acumulación de este. También estos valores según escala de NOM-RECNAT-2000 (Luiselli, 2002, p. 25), son clasificados como bajos, pero considerados normales en suelos volcánicos, principalmente los del orden Andisol, esto lo confirma Espinosa (2007), “Una de las características más importantes de los Andisoles (suelos derivados de cenizas volcánicas), es su capacidad para inmovilizar (fijar) el fósforo (P).” (p. 1). Si se toma en consideración el pH tendiente a la neutralidad (6.49 a 6.70) y el alto contenido de materia orgánica (5.07 % a 6.69 %), se espera una mayor disponibilidad de fósforo con el paso del tiempo. La materia orgánica va sufriendo el proceso de mineralización, dejando una mayor cantidad de fósforo en el suelo. Esta aseveración concuerda con lo expresado por Pose *et al.* (2016), cuando afirman que “la disponibilidad del fósforo también está dada por el uso del suelo” (p. 381), clara alusión a los métodos de labranza. El comportamiento del fósforo en forma ascendente en el tiempo puede ser explicado por el incremento constante (junio 5.07 % y septiembre 5.79 % y diciembre 6.69 %) de materia orgánica en el suelo.

Potasio en el suelo. Para esta variable se registra diferencia estadísticas. Los valores según la escala de NOM-RECNAT-2000 (Luiselli, 2002, p. 30), son considerados de altos a muy altos (camellones prehispánicos = 1.81 meq/100 g de suelo y labranza convencional = 1.60 meq/100 g de suelo), como se observa en la Figura 3.

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

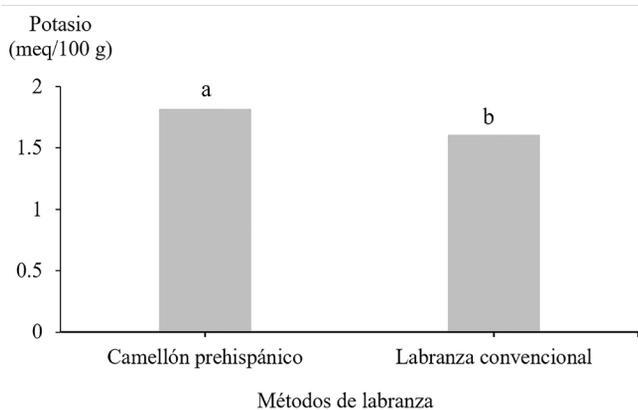


Figura 3. Contenido de potasio (meq/100 g de suelo) relacionados con los métodos de labranza, El Madroño, Diriamba, 2018.

La diferencia entre los sistemas de labranza son producto de la descomposición de la materia orgánica adicionada al suelo como parte del manejo de los camellones prehisánicos.

Los contenidos de potasio tienden a descender en el tiempo, como parte de la absorción de parte del cultivo. Los valores pasan de 2.07 meq /100 g de suelo en junio a 2.02 meq /100 g de suelo en septiembre y se presenta una mayor linealidad con valores altos pero descendiendo aún más en diciembre hasta 1.02 meq /100 g de suelo. Este comportamiento se debe a la extracción de parte del cultivo, quien absorbe mayor cantidad de potasio en la medida que avanzan sus etapas fenológicas. De acuerdo con estos resultados y la según escala de NOM-REC NAT-2000 (Luiselli, 2002, p. 30), aun con esta disminución se mantienen valores altos de potasio, debido en parte de la incorporación de materia orgánica, así como por la naturaleza de los suelos volcánicos, los que presentan altos contenidos de potasio.

CONCLUSIONES

El sistema de camellones prehisánicos presenta mejores propiedades hidrofísicas del suelo como densidad aparente, comportamiento de la temperatura, retención de humedad, así como mejores resultados en los valores de pH, materia orgánica y nitrógeno, fósforo y potasio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo Cristóbal, D., Álvarez Sánchez, M. E., Hernández Acosta, E. y Améndola Massiotti, R. (2011). Concentración de nitrógeno en suelo por efecto de manejo orgánico y convencional. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 325-332. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v29n3/2395-8030-tl-29-03-00325.pdf>
- Castro, H. y Munevar, O. (2013). Mejoramiento químico de suelos ácidos mediante el uso combinado de materiales encalantes. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(2), 409 – 416. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n2/v16n2a15.pdf>
- Chicas Soto, R., Vanegas Chacón, E. y García Alvarez, N. (2014). Determinación indirecta de la capacidad de retención de humedad en suelos de la subcuenca del río Torjá, Chiquimula, Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(1), 41-46. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v23n1/rcta07114.pdf>
- Denevan, W. M. (2017). Una perspectiva histórica sobre el descubrimiento de Campos Elevados (Camellones) prehisánicos en Sud América. En F. Valdez (Ed.), *Agricultura ancestral camellones y albarradas: Contexto social, usos y retos del pasado y del presente* (pp. 17-23). https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers09-03/010039069.pdf
- Espinosa, J. (2007). *Fijación de fósforo en suelos derivados de ceniza volcánica*. <https://acortar.link/WGFR03>
- Flores Delgadillo, L. y Alcalá Martínez, J. (2010). *Manual de Procedimientos Analíticos. Laboratorio de Física de Suelos*. UNAM. <https://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/lfs/manualLFS.pdf>
- Galvis Quintero, J. H., Chaparro Anaya, O., Bernal Riobo, J. H., & Baquero, J. E. (2016). Evaluación de la estabilidad estructural y espacio poroso en un Oxisol de sabana de los Llanos Orientales de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 7(1). <https://doi.org/10.22490/21456453.1613>
- García Tejera, O. López Bernal, A. Villalobos, F. Orgaz F., & Testi, L. (2016). Effect of soil temperature on root resistance: implications for different trees under Mediterranean conditions. *Tree Physiology*, 36, 469-478. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpv126>
- Hernández, J. P., Díaz, E. y Cerana, J. (2018). *Estimación del punto de marchitez permanente en suelos de la provincia de Entre Ríos*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11522.43206>
- Huerta Olague, J., Oropeza Mota, J., Guevara Gutierrez, R., Ríos Berber, J., Martínez Menes, M., Barreto Garcia, O., Olguín Lopez, J. y Mancilla Villa, O. (2018). Efecto de la cobertura vegetal de cuatro cultivos sobre la erosión del suelo. *IDESIA*, 36(2). 153-162. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v36n2/0718-3429-idesia-00701.pdf>
- Instituto Nacional de Información y Desarrollo. (2017). *Anuario Estadístico 2017*. <https://www.inide.gob.ni/docs/Anuarios/Anuario2017.pdf>
- Krapovickas, A. (2010). La domesticación y el origen de la agricultura. *Bomplandia*, 19(2), 193-199. https://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/catalogo/doc_num.php?explnum_id=1449
- Leguizamón, E. S. (2018). *Historia de la horticultura*. Ediciones INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_asaho_historia_horticultura.pdf

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

- León Noguera, P., Castro Lizazo, I., Álvarez Pinedo, A. y Grau González, J. (2018). Método Convencional de preparación del suelo. Cuatro aspectos que lo caracterizan. *Ciencia Universitaria*, 16(1). <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/acunah/article/view/1038>
- Luiselli Fernández, C. (2002, 31 de diciembre). Norma Oficial Mexicana (NOM). NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>
- Martín Alonso, G., Tamayo Aguilar, Y., Hernández Forte, I., Varela Nualles, M. y Da Silva Araujo, E. (2017). Cuantificación de la fijación biológica de nitrógeno en Canavalia ensiformis crecida en un suelo pardo mullido carbonatado mediante los métodos de abundancia natural de ^{15}N y diferencia de N total. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 122-130. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193250540016>
- Martín Martín, R., Jerez Mompies, E. y Moreno Lucas, F. (2016). Influencia del laboreo en algunas propiedades hidrofísicas del suelo y en la extracción de nutrientes por el trigo (*Triticum durum* L.). *Cultivos Tropicales*, 37(4), 136-144. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193247419015>
- Martínez, J. M. y Galantini, J. A. (2018). Nitrógeno del suelo: desde la materia orgánica al cultivo. En J. A. Galantini (Ed.), *Siembra directa en el SO Bonaerense* (pp. 7-12). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26547.07203>
- Medina Méndez, J., Volke Haller, V., Galvis Spinola, V., Cortés Flores, J. y Santiago Cruz, M. J. (2017). Incremento de la materia orgánica del suelo y rendimiento de mango en Luvisoles, Campeche, México. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 499-508. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.22236>
- Novillo Espinoza, E. I., Carrillo Zenteno, M., Cargua Chávez, J., Nabel Moreiral, K., Albán Solarte, F. y Morales Intriago, F. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Temas Agrarios*, 23(2), 177 – 187. <https://doi.org/10.21897/rta.v23i2.1301>
- Pose, N. N., Baeza, M. C., Zamuner, E. C., Di Gerónimo, P. y Del Carmen Videla, C. (2016). Parámetros agronómicos y ambientales de fósforo en suelos molisoles con diferentes usos en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Acta Agronómica*, 65(4), 375-382. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122016000400008
- R Core Team. (2021). R: *A language and environment for statistical computing* (versión 4.1.1) [software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Rojas Rabiela, T. (2013). Técnicas, métodos y estrategias agrícolas. *Arqueología Mexicana*, 21(120), 48-53. https://www.academia.edu/11904221/T%C3%A9cnicas_m%C3%A9todos_y_estrategias_agr%C3%ADcolas
- Romero Campos, M., Cid Lazo, G., C. González Robaina F. y López Seijas, T. (2020). Curvas tensión humedad y función conductividad hidráulica en suelos pardos. *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(2), 21-27. <https://www.redalyc.org/journal/5862/586263256004/586263256004.pdf>
- Rosset, P. y Altieri, M. (2018). *Agroecología Ciencia y Política*. SOCLA. <http://celia.agroeco.org/wp-content/uploads/2018/12/Rosset-y-Altieri-texto-completo-sin-portada-1.pdf>
- Sadeghian-Khalajabadi, S. y Arias-Suarez, E. (2018). Lixiviación del potasio en suelos de la zona cafetera y su relación con la textura. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16(1), 24-42. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v16n1/1692-3561-bsaa-16-01-00034.pdf>
- Subero, N., Ramírez, R., Sequera, O. y Parra, J. C. (2016). Fraccionamiento de fósforo en suelos cultivados con arroz por largos períodos de tiempo. II. Relación fósforo orgánico-inorgánico. *Bioagro*, 28(2), 81-86. <http://ve.scielo.org/pdf/ba/v28n2/art02.pdf>
- Toledo, M. (2016). *Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras: conceptos y métodos*. IICA. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3108/BVE17069071e.pdf?sequence=1>
- Treviño, J., Hernández, M. T. y Caballero, R. (1974). Estudio del valor nutritivo de las hojas y tallo del maíz híbrido de tallo azucarado E-10. *Pastos*, 4(2), 286-292. <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/542>
- Universidad Nacional Agraria. (2011). *Criterios de clasificación según resultados de laboratorio*.
- Villalobos-Barquero, V. y Meza-Montoya, A. (2019). Impacto en la densidad aparente del suelo provocado por el tránsito de búfalos (*Bubalus bubalis* L.) en arrastre de madera. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*, 53(2), 147-155. <https://doi.org/10.15359/rca.53-2.8>
- Zotarelli, L., Dukes, M. y Morgan, K. (2019). *Interpretación del contenido de la humedad del suelo para determinar capacidad de campo y evitar riego excesivo en suelos arenosos utilizando sensores de humedad*. Universidad de la Florida. https://www.researchgate.net/publication/345870387_Interpretacion_del_contenido_de_la_humedad_del_suelo_para_determinar_capacidad_de_campo_y_evitar_riego_excesivo_en_suelos_arenosos_utilizando_sensores_de_humeda

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Carbono almacenado en sistemas agroforestales con café (*Coffea arabica* L.) en tres municipios de Boaco, Nicaragua

Carbon stored in agroforestry systems with coffee (*Coffea arabica* L.) in three municipalities of Boaco, Nicaragua

Edwin Freddy Ortega Tórrez¹, Rodolfo de Jesús Munguía Hernández², Jorge Ulises Blandón Díaz³

¹ MSc. Agroecología y desarrollo sostenible, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3848-1642/edwin.ortega@ci.una.edu.ni>/Sede Universitaria UNA-Camoapa

² MSc. Agricultura tropical con énfasis en agroecología, Facultad de Agronomía, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1091-3415/rodolfom@ci.una.edu.ni>

³ PhD. Fitopatología, Facultad de Agronomía, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7904-8853/ulisesbd@ci.una.edu.ni>
Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua



RESUMEN

La mayor parte de la producción de café en Nicaragua se cultiva bajo sombra, esto permite la captura de importantes volúmenes de carbono procedente de la atmósfera que, bajo el concepto de pago por servicios ambientales, significaría generación de otros ingresos para el productor. El objetivo fue calcular los volúmenes de carbono almacenado por árboles, arbustos de café, mantillo y suelo en el sistema agroforestal con café y estimar su valoración económica. La investigación fue no experimental bajo un proceso metodológico de tres fases: planificación, ejecución e interpretación de resultados; la muestra se seleccionó en base a criterios definidos por la Unión de Cooperativas, entre ellos: productor líder en su comunidad, piso altitudinal entre 600 y 900 metros sobre el nivel del mar, productor abierto a la comunicación y que aplicara las capacitaciones que les imparte la Cooperativa. La muestra estuvo compuesta de dos sistemas agroforestales cercanos a los 900 msnm y dos cercanos a los 600 msnm. Se utilizó una parcela única de muestreo de 0.25 ha a cuyos árboles y arbustos muestreados se aplicó ecuaciones alométricas, el mantillo se sometió a descuento de humedad, de ellos se obtuvo materia seca y se aplicó el factor carbono de 0.5. Para el suelo se determinó densidad aparente (g cm^{-3}) y carbono orgánico (%) para ser utilizados en la fórmula de Andrade e Ibrahim, 2003. El componente suelo fue el que presentó mayor volumen promedio de carbono almacenado con $80.86 \text{ t C ha}^{-1}$ seguido por árboles, mantillo y arbustos de café con 15.58 , 6.21 y 1.22 t C ha^{-1} respectivamente. Los sistemas agroforestales con mayor y menor volumen de carbono almacenado fueron Los Chilamates y Las Quebradas con 119.22 y $89.01 \text{ t C ha}^{-1}$. Con base al

ABSTRACT

Most of the coffee production in Nicaragua is grown under shade, which allows the capture of significant volumes of carbon from the atmosphere that, under the concept of payment for environmental services, would mean the generation of other income for the producer. The objective was to calculate the volumes of carbon stored by trees, coffee bushes, mulch and soil in the agroforestry system with coffee and estimate its economic value. The research was non-experimental under a methodological process of three phases: planning, execution and analysis and interpretation of results; The sample was selected based on criteria defined by the Union of Cooperatives, among them: leading producer in his community, altitudinal floor between 600 and 900 m, producer open to communication and who applied the training provided by the Cooperative, the sample It was composed of two agroforestry systems close to 900 masl and two close to 600 masl. A single sampling plot of 0.25 ha was used to whose sampled trees and shrubs allometric equations were applied, the mulch was subjected to moisture discount, dry matter was obtained from them and the carbon factor of 0.5 was applied. For the soil, apparent density (g cm^{-3}) and organic carbon (%) were determined to be used in the formula of Andrade and Ibrahim, 2003. The soil component was the one that presented the highest average volume of stored carbon with $80.86 \text{ t C ha}^{-1}$ followed by trees, mulch and coffee bushes with 15.58 , 6.21 and 1.22 t C ha^{-1} respectively. The agroforestry systems with the highest and lowest volume of carbon stored were Los Chilamates and Las Quebradas with 119.22 and $89.01 \text{ t C ha}^{-1}$. Based on the carbon stored, producers could receive other income

Recibido: 8 de octubre del 2022
Aceptado: 26 de mayo del 2023



© Copyright 2023. Universidad Nacional Agraria (UNA).

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

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

carbono almacenado los productores podrían percibir otros ingresos por captura de carbono de 874.36 a 652.80 dólares americanos por hectárea en base al CO₂ almacenado. Se recomienda realizar el estudio a mayor número de productores y contar con información base relevante para gestionar proyecto de pago por almacenaje de carbono.

Palabras clave: sistemas agroforestales, gas de efecto invernadero, caficultura, agroecología.

En Nicaragua la producción de café aporta aproximadamente 4 % del PIB y genera cerca de 332 000 empleos directos e indirectos (Arguello y Olivero, 2015); además el Centro de trámites de las exportaciones (CETREX, 2020), confirma ingresos al país por exportación de café del ciclo 2019 - 2020 de USD 460.17 millones de dólares americanos.

Valkila (2009) plantea que del 4 % a 5 % de las exportaciones de café son certificados orgánicos con rendimientos cercanos a 300 kg ha⁻¹, rendimientos considerados bajos. Lo antes planteado es un factor que desmotiva al productor orgánico ya que este sistema de producción demanda de muchas condiciones para su certificación y su precio internacional no es visto como justo, es por tal razón que el productor busca otras formas de ingresos como venta de leña proveniente del manejo de tejido de los árboles y arbustos, así como utilizar árboles frutales dentro del sistema agroforestal para alimentación y comercio de frutas.

La producción de café orgánico se desarrolla bajo sombra utilizando diversidad de especies forestales y frutales con densidades variables según la decisión de manejo del productor. Para la Organización Internacional del Café (OIC, 2013, p. 15), el café bajo sombra proporciona una oferta ambiental con un impacto positivo en la producción de agua, biodiversidad, paisajismo y captura de carbono, quienes tienen un valor de mercado aún no aprovechados cuyos ingresos está dejando de percibir el productor y que podría contribuir a la sostenibilidad de los productores y sus familias.

Esta investigación se realizó en cuatro sistemas agroforestales con café con manejo orgánico, están ubicados en tres municipios del departamento de Boaco, Nicaragua, presentan árboles de especies diversas, lo que se denomina sombra mixta.

La cuantificación de carbono almacenado en este tipo de sistemas de producción permitirá ampliar el conocimiento sobre nuevas formas de generar otros ingresos económicos a través de pagos por servicios ambientales, en este caso por la captura de carbono en árboles, arbustos de café, mantillo (hojarasca) y suelo, que puede ser extensivo a los productores (764) de la cooperativa Tierra Nueva, así como a otros interesados.

from carbon capture from 874.36 to 652.80 US dollars per hectare based on stored CO₂. It is recommended to carry out the study with a greater number of producers and have relevant base information to manage the carbon storage payment project.

Keywords: Agroforestry systems, greenhouse gas, coffee farming, agroecology.

El objetivo de este estudio es calcular el carbono almacenado en el suelo, árboles, mantillo y arbustos de café dentro del sistema agroforestal (SAF), así como su cuantificación económica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación, descripción del área de estudio y tipo de investigación. El estudio se realizó en tres de los seis municipios que conforman el departamento de Boaco. Se trabajó con cuatro sistemas agroforestales con café bajo manejo orgánico con 4.22 a 2.81 ha bajo densidades entre 60 a 416 árboles por hectárea de especies diversas, lo que se denomina sombra mixta. Según Espinoza (comunicación personal, 15 de mayo, 2011) los cuatro SAF pertenecen a la Unión de Cooperativas Tierra Nueva, en el departamento de Boaco, Nicaragua, institución conformada por 674 productores con 853 ha, rendimientos promedio de 590 kg ha⁻¹ y una producción estimada en 503.27 toneladas de café oro por ciclo productivo.

En el municipio de Boaco, comarca San Buena Ventura, se localiza el SAF del productor Juan Mora, finca Santa Gertrudis ubicada en las coordenadas 12°32'45.41" de latitud Norte y 85°38'20.93" de longitud Oeste, a una altitud de 554 m.s.n.m y una pendiente del terreno de 29.04 %, en el municipio de San José de los Remates, comarca El Bejuco se localiza el SAF Los Laureles, propiedad del productor Elías Rivas Sequeira ubicada en las coordenadas 12°36'14.26" de latitud Norte 85°38'60" de longitud Oeste a 601 m.s.n.m. y una pendiente del terreno de 45.3 % El tercer SAF denominado finca Los Chilamates, propiedad del productor Pascual Espinoza, se ubica en el municipio de Santa Lucía, comarca Las Mercedes en las coordenadas 12°34'26.86" de latitud Norte y 85°40'31.64" de longitud Oeste a una altitud de 890 m.s.n.m y una pendiente del terreno de 26.8 % y por último el SAF del productor Remigio Espinoza, finca Las Quebradas, se encuentra en las coordenadas 12°34'25.01" de latitud Norte y 85°40'32.61" de longitud Oeste a 880 m.s.n.m. y una pendiente del terreno de 31.96 %.

Buitrago (2005) afirma que "San José de los Remates y Santa Lucía son parajes montañosos, frescos con suelos inceptisoles, pH ligero ácido, con profundidad media, drenaje regular y relieve ondulado, desarrollados por cenizas volcánicas y aptos para el cultivo del café" (p. 11). Por su parte Incer (2000) plantea que "la cordillera chontaleña

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

formada por un grupo montañoso es rodeada por Muy Muy, Esquipulas, San José de los Remates, Santa Lucía y Boaco en cuyas áreas se cultiva café de sol y de sombra” (p. 249). Boaco se ubica a una altitud de 355 m.s.n.m., presenta temperatura media histórica (1982 – 2012) de 24.5 °C y precipitación media por año de 1 334 mm (Climate-data.org, s.f.).

La investigación fue no experimental por lo cual se diseñó un proceso metodológico estructurado en tres fases. Se implementó en el período de enero a noviembre del 2011.

Fase de planificación. Se desarrolló entre los meses de enero y febrero en tres momentos: primero se trabajó en la coordinación con la Cooperativa Tierra Nueva quienes asignaron un técnico que fungió de enlace entre el investigador, la Cooperativa y los productores. Posteriormente fue la visita de acercamiento a productores para verificar su disposición hacia la investigación y planificar las próximas visitas. Por último, fue la validación y pilotaje de instrumentos de recolecta de información donde se validó y piloteó los formatos de recolección de información y equipos que se utilizaron en el estudio (cinta métrica, pesa digital, GPS, altímetro HAGA, cinta diamétrica, marco cuadrado y cilindro para muestra de suelo).

Fase de ejecución. Desarrollada de marzo a noviembre por medio de tres visitas a los SAF: El 1 de marzo se realizó muestreo de suelo, el 3 de mayo muestreo de mantillo, altura y diámetro del tronco de café y el 28 de noviembre se realizó un inventario, y registro de altura total y diámetro a la altura del pecho (DAP) de las especies arbóreas.

Fase de análisis e interpretación de resultados. Se desarrolló en tres etapas: etapa de sistematización y ordenamiento de la información utilizando Microsoft Word y Microsoft Excel, con el objetivo de facilitar los cálculos correspondientes. Etapa de interpretación de resultados donde se ordenaron los datos según los objetivos, se realizó revisión documental para relacionar los resultados con las conclusiones de otros estudios y por último la etapa de conclusiones y recomendaciones, sobre la base de la interpretación y análisis de los resultados en correspondencia con los objetivos.

Variables evaluadas

Carbono almacenado por árboles (t C ha⁻¹). En cada parcela temporal de 0.25 ha Se realizó inventario de las especies arbóreas con diámetro a la altura del pecho mayor o igual a cinco centímetros, a los que se les midió altura en metros y DAP en centímetros; estos datos se utilizaron en la ecuación alométrica para calcular carbono de árboles en cafetal según la propuesta de Suárez *et al.* (2004, p. 115) y obtener kilogramos de mantillo seco, la que se multiplicó por factor carbono de 0.5. Posteriormente este resultado se

multiplicó por cuatro y dividió entre mil para transformarlos a toneladas por hectárea de carbono almacenado.

Ecuación alométrica con un $R^2_{adj} = 0.94$ para árboles menores o iguales a 50 cm de DAP.

$$\log 10B = -0.9578 + 2.3408 * \log 10 (D)$$

Donde:

B= Biomasa aérea total (kg planta⁻¹)

D= Diámetro del tronco a 1.30 m del suelo

Además se determinó carbono almacenado por familia taxonómica a partir del inventario arbóreo

Carbono almacenado por arbustos de café (t C ha⁻¹). Se utilizó una muestra aleatoria de cinco puntos representativos dentro de la parcela temporal (0.25 ha) con 10 arbustos por punto para un total de 50 arbustos. En cada punto se tomaron cinco arbustos de un surco y cinco arbustos del surco contiguo. Se midió altura de los arbustos de café en metros y diámetro del tronco en centímetros, específicamente a 15 cm arriba de la superficie del suelo.

Para encontrar biomasa seca se utilizó la fórmula propuesta por Suárez *et al.* (2004, p. 118) con un $R^2_{adj} = 0.95$, específicamente para arbustos de café; posteriormente el resultado se multiplicó por el factor carbono de 0.5 [Grupo Consultivo de Expertos (GCE, s.f., p. 42)] y por la densidad de arbustos por hectárea para obtener carbono almacenado:

$$\log 10B = -1.15 + 1.66 * \log 10 (D15) + 0.54 * \log 10 (h)$$

Donde:

B = Biomasa aérea total (kg planta⁻¹)

D15 = Diámetro del tronco a 15 cm del suelo

H = Altura (m) con un $R^2_{adj} = 0.95$

Carbono almacenado por el mantillo (t C ha⁻¹). Se utilizaron cinco puntos representativos de muestreo utilizando el marco cuadrado de 0.25 m² en cada parcela temporal; se colectó y pesó el mantillo presente en el suelo, el cual está compuesto por (las hojas arriba del suelo, ramas con diámetro menor a 2 cm de diámetro y el material fraccionado que es el material alterado por descomposición por la acción del ambiente y la fauna del suelo), la colecta de la fracción de residuos vegetales se hizo en la hilera y en la calle del cafetal, excluyendo ramas con un diámetro mayor a 2 cm.

Las cinco submuestras por fracción obtenida en mantillo, tanto de la hilera como de la calle, se mezclaron y homogenizaron para obtener una muestra compuesta de 500 gramos; éstas se empacaron en bolsas de papel Kraft y se

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

trasladó al laboratorio de fisiología vegetal de la Universidad Nacional Agraria. (Managua) para su secado en un horno (mufla) a una temperatura de 65 °C por 72 horas hasta lograr un peso constante. De la muestra compuesta se tomó una porción de 100 g de peso seco para determinar los elementos N, P, K, Ca, Mg como minerales en el mantillo. La materia seca (ms) del mantillo (t ms ha⁻¹) se multiplicó por el factor de carbono 0.5 para obtener carbono almacenado en mantillo (GCE, s.f., p. 42).

Carbono almacenado en el suelo (t C ha⁻¹). En cada uno de los cinco puntos seleccionados al azar, se extrajo una submuestra de suelo de 500 gramos a una profundidad de 0.20 m, precisamente en el área de goteo del arbusto de café. Las cinco submuestras se mezclaron, homogenizaron y tamizaron para obtener una muestra compuesta de 1 kg de tierra por agroecosistema (adaptado de Centeno y Herrera 2005, p. 7).

Las muestras compuestas fueron introducidas en bolsas plásticas bien rotuladas con su fecha, tipo de cultivo, zona, código de la finca, propósito; y llevadas al laboratorio de suelos y agua de la Universidad Nacional Agraria en Managua para determinar porcentaje de carbono orgánico. En cada punto se extrajo una muestra de suelo a 0.1 m de profundidad, utilizando un cilindro de 10 cm de longitud y cinco centímetros de diámetro para calcular densidad aparente (g cm⁻³). Se utilizó la fórmula citada por Andrade e Ibrahim, (2003, p. 115) para calcular carbono almacenado en el suelo:

$$COS = Ps \times DA \times CO$$

Donde:

COS: Carbono orgánico del suelo

Ps: Profundidad del suelo de donde se obtuvo la muestra (cm)

CO: Carbono orgánico (%) obtenido en el análisis de suelo a partir de la materia orgánica

DA: Densidad aparente del suelo (g cm⁻³)

Contribución total de carbono almacenado en los SAF (t C ha⁻¹). Se realizó la sumatoria de los volúmenes de carbono que almacena cada uno de los componentes (árboles, arbustos de café, suelo y mantillo), que integran el sistema agroforestal con café, identificando el SAF con las mayores contribuciones de almacenamiento de carbono.

Pendiente del terreno de los SAF. Se determinó la pendiente en porcentaje de los cuatro SAF con ayuda del aparato A, estos datos se utilizaron en el análisis de componentes principales para relacionarlo con el almacenaje de carbono.

Selección del SAF. La muestra o SAF se obtuvo por conveniencia utilizando aquellas unidades disponibles a las cuales se tiene acceso (Sampieri, 2014, p. 390). Además, se usaron criterios definidos por la Unión de Cooperativas Tierra Nueva que debía cumplir el propietario del SAF: ser productor líder en su comunidad, abiertos a la comunicación, estar bajo dos pisos altitudinales y aplicar las capacitaciones que les imparte la cooperativa.

Parcela de muestreo. El área de los SAF osciló entre 4.22 ha y 2.81 ha. La definición de la parcela de muestreo se realizó según la propuesta del CATIE (2002, p. 203) quien propone “un nivel de precisión en cuanto al tamaño de parcela de cinco a 20 %”. Basado en este planteamiento, se utilizó una parcela temporal única de muestreo de forma cuadrada de 0.25 ha ubicada en el centro del sistema productivo, representando más del 5 % del tamaño del SAF.

Registro de información. Se recolectó en formatos diseñados según las condiciones y componentes de cada sistema agroforestal.

Análisis de datos. El análisis se hizo con estadísticas descriptiva, para ello se utilizó hojas de cálculo de Microsoft Excel para realizar los cálculos y elaborar los cuadros y las figuras, excepto la figura que presenta el análisis de componentes principales, para la que se utilizó el software RStudio Team [versión 4.0.5.] (R Core Team, 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Carbono almacenado por árboles (t C ha⁻¹), número de árboles por hectárea y diámetro de árboles. En el Cuadro 1 se presenta la cantidad de carbono almacenado por árboles en los sistemas agroforestales, así como la cantidad de árboles por hectáreas y los valores de diámetros del árbol. El SAF Los Laureles fue el que más carbono almacenó y el SAF Santa Gertrudis es el que menos captación registra. Las variables densidad (número de árboles por hectárea) y diámetro de árbol, fueron determinantes en el carbono almacenado. En los cuatro SAF se determinaron 19 familias botánicas, siendo Fabaceae la que más carbono almacenó, seguido de la familia Mimosaceae y luego la familia Verbenaceae (Cuadro 2).

Cuadro 1. Carbono almacenado por árboles (t C ha⁻¹), densidad de árboles (árboles ha⁻¹) y diámetro de árbol (cm) según sistema agroforestal

Variables	Santa Gertrudis	Los Laureles	Los Chilamates	Las Quebradas
Carbono almacenado en árboles (t C ha ⁻¹)	6.43	25.70	8.50	21.71
Densidad (árboles ha ⁻¹)	60.00	304.00	152.00	416.00
Diámetro de árboles (cm)	24.23	19.84	16.53	16.30

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Diversos autores relacionan las variables altura, diámetro, densidad, especie y edad de un árbol con su biomasa. Suárez (2002), sustenta en base a correlación, que el diámetro a la altura del pecho (DAP) explica de mejor manera la biomasa de los árboles comparada con la altura, justificando el uso en ecuaciones alométricas, y que la altura es influenciada por las prácticas de manejo presentando una menor correlación (p. 60).

Medina *et al.* (2009), consideran que la densidad de árboles por hectárea, edad y diámetro están ligados al carbono que almacenan, y registran densidades entre 552 y 155 árboles ha⁻¹ y diámetros entre 8 a 42 cm captando entre 4.5 t C ha⁻¹ y 15.23 t C ha⁻¹ (pp. 29 – 32), en cambio Pico (2011) reporta “valores de 29.42 t C ha⁻¹ almacenado con 355 árboles mayores a cinco centímetros de DAP” (p. 47).

Carbono almacenado en árboles según familia taxonómica (t C ha⁻¹). En el Cuadro 2 se presenta la cantidad de carbono almacenado por familia taxonómica en cada uno de los sistemas agroforestales. Las familias taxonómicas que más carbono almacenaron son Fabaceae (destacando las especies *Gliricidia sepium* y *Platymiscium pleiostachium*) y la familia Mimosaceae (representada por *Inga* spp.), mientras que Apocynaceae fue la que menos carbono almacenó, en este caso, la especie *Stemmadenia donnell-smithii*.

Cuadro 2. Carbono almacenado en árboles (t C ha⁻¹) según familia taxonómica

Nº	Familia	Santa Gertrudis	Los Laureles	Los Chilamates	Las Quebradas	Total
1	Fabaceae	1.80	7.95	0.53	0.63	10.91
2	Mimosaceae	0.71	2.19	1.71	4.89	9.50
3	Sterculiaceae	1.33	1.17	0.00	0.15	2.65
4	Rutaceae	1.73	0.71	0.06	0.24	2.74
5	Apocynaceae	0.12	0.00	0.00	0.00	0.12
6	Anacardiaceae	0.10	2.71	0.00	0.00	2.81
7	Burseraeae	0.34	0.00	0.00	0.00	0.34
8	Boraginaceae	0.29	1.56	0.90	1.07	3.82
9	Lauraceae	0.00	1.73	0.02	0.00	1.75
10	Meliaceae	0.00	1.56	0.38	1.85	3.79
11	Myrtaceae	0.00	0.11	0.53	4.75	5.39
12	Verbenaceae	0.00	3.06	1.00	1.87	5.93
13	Bignoniaceae	0.00	1.56	0.00	0.00	1.56
14	Urticaceae	0.00	0.00	2.53	0.48	3.01
15	Rubiaceae	0.00	1.39	0.03	3.11	4.53
16	Ochnaceae	0.00	0.00	0.22	0.15	0.37
17	Melastomataceae	0.00	0.00	0.00	1.44	1.44
18	Combretaceae	0.00	0.00	0.00	0.58	0.58
19	No determinado	0.00	0.00	0.60	0.49	1.09
	t C ha ⁻¹	6.42	25.70	8.51	21.70	

Los sistemas cafeteros con mayor diversificación de especies arbóreas presentan mayores valores de acumulación de carbono (Orozco *et al.*, 2014, p. 213). Estos mismos autores afirman que la familia Fabaceae es la más representativa (p. 216).

Los volúmenes de carbono en sistemas agroforestales con café son variables y están en dependencia primeramente del diámetro, el que se relaciona con la edad y especie arbórea, seguido del número de árboles por hectárea. De las 19 familias de árboles, dos de ellas pertenecientes a las leguminosas, almacenaron el 29.86 % del carbono. Es importante mencionar que los árboles generan múltiples beneficios al productor y al ambiente como: obtención de leña, frutos y servicios ambientales para la conservación del suelo, producción de oxígeno, belleza escénica, refugio de vida silvestre, entre otros (Moraga *et al.*, 2011, pp. 41 y 46).

Carbono almacenado por arbustos de café (t C ha⁻¹). El Cuadro 3 indica la cantidad de carbono almacenado por los arbustos de café en base al diámetro del tronco y a la densidad de arbustos por hectárea. El SAF que almacenó más carbono fue Las Quebradas con 2.21 t, seguido del SAF Los Chilamates con 1.08, Santa Gertrudis con 0.99 y finalmente el SAF Los Laureles con 0.61 t. En promedio en los cuatro SAF se almacenó 1.22 t C ha⁻¹.

Cuadro 3. Carbono almacenado por arbustos de café (t C ha⁻¹)

Variables	Santa Gertrudis	Los Laureles	Los Chilamates	Las Quebradas
Carbono almacenado en arbustos de café (t C ha ⁻¹)	0.99	0.61	1.08	2.21
Diámetro del tronco de arbustos de café (cm)	2.54	1.82	3.00	3.79
Densidad (número de arbustos ha ⁻¹)	3 130.00	4 080.00	3 266.00	4 177.00
Sombra en el cafetal (%)	80.60	91.26	73.32	70.46

La certificadora Naturland (2019), sostiene en su normativa de certificación que “la densidad de plantación de los arbustos de café no debería superar los 5000 cafetos por hectárea” (p. 40) cumpliéndose en los cuatro SAF con este requisito. Se puede observar en el Cuadro 3 la variable porcentaje de sombra que presenta una relación contraria, aunque no proporcional con el carbono almacenado por los arbustos de café excepto el SAF Las Quebradas quien presentó los mayores diámetros del tronco y densidad de arbustos por hectárea, similar relación obtuvo Pérez y Amador (2021).

Pico (2011), encontró aporte de carbono por parte de los arbustos de café orgánico de 1.78 t C ha⁻¹ (p. 46), siendo superiores a los estimados en este trabajo; sin embargo, los resultados de Connolly y Corea (2007, p. 50) y Aristizabal (2011, p. 53) son inferiores con 1.14 y de 0.56 a 0.75 t C ha⁻¹ respectivamente. En la estimación de carbono almacenado por arbustos de café no aplica el planteamiento de Suárez (2002, p. 60) de no tomar en cuenta la altura en la ecuación alométrica utilizada, debido a que la labor de poda no es tan relevante como en los árboles utilizados para sombra.

Pico (2011, p. 46), Aristizabal (2011, p. 53) y Connolly y Corea (2007, p. 50) afirman que el diámetro promedio del tronco del arbusto y la densidad por hectárea son las variables principales para determinar carbono

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

almacenado en café, además de la edad la que se relaciona con el diámetro del tronco.

Es importante mencionar que el SAF Las Quebradas presentó mayor densidad de arbustos de café por hectárea y diámetro promedio de tronco con 3.79 cm, mientras que Los Laureles presentó el menor diámetro del tronco promedio por arbusto (1.82 cm) y la mayor cantidad de fallas ha⁻¹ con (664 arbustos), por tanto, las variables diámetro del tronco y densidad influyeron en la cantidad de carbono almacenado por arbustos de café, y en menor cuantía la altura de los arbustos.

Carbono almacenado por el mantillo en los SAF en estudio (t C ha⁻¹). El Cuadro 4 indica que el SAF con mayor aporte de carbono por parte del mantillo fue Santa Gertrudis con 6.61 t C ha⁻¹ seguido de los SAF Las Quebradas, Los Chilamates y Los Laureles con 6.47, 5.96 y 5.81 t C ha⁻¹ respectivamente.

Cuadro 4. Carbono almacenado por el mantillo (t C ha⁻¹)

Sistema agroforestal	Hoja	Rama	Fraccionado	Total
Santa Gertrudis	2.15	2.04	2.42	6.61
Los Laureles	1.52	1.29	3.01	5.81
Los Chilamates	1.34	1.53	3.09	5.96
Las Quebradas	1.82	2.35	2.30	6.47

Pérez *et al.* (2012), afirman que “un SAF con un dosel vegetal alto no disminuye las pérdidas de suelo por erosión hídrica” (p. 53). siendo el SAF Los Laureles quien presentó los árboles más altos en promedio después del SAF Santa Gertrudis.

Aguilar (2005), plantea que “conocer la descomposición y mineralización de los residuos vegetales en el suelo en sistemas agroforestales con café puede contribuir a su manejo” (p. 50). Además, puede generar beneficios diversos como reducir el impacto de la lluvia para reducir la erosión del suelo, mejorar la fertilidad del suelo a través del reciclaje y consecuentemente disminuir el uso de productos químicos.

Medina, Pérez y Ruiz, (2008), afirman que “los aportes de carbono almacenado por mantillo al suelo están en un rango de 1.7 a 0.97 t C ha⁻¹ argumentando que las especies utilizadas para sombra son las que mayor aporte realizan al mantillo del suelo comparada con el cafeto” (p. 36). Y que además los aportes dependen de la densidad, edad, la especie y manejo del sistema por el productor. Por su parte Connolly y Corea (2007), encontraron en su estudio aportes de carbono por parte del mantillo en sistema de café ecoforestal de 0.76 t C ha⁻¹ (p. 50).

Según Pérez, Valdez y Ordaz (2012, p. 53), afirman que “un dosel alto disminuye pérdidas

por erosión lo que puede contribuir positivamente con las cantidades de carbono almacenado en mantillo” (p. 53). En SAF Santa Gertrudis y contrariamente en SAF Los Chilamates donde se encontraron los árboles con el dosel más bajo 9.93 m, pero además Santa Gertrudis presenta los arbustos de café con mayor altura 2.17 m y más jóvenes con ocho años. Por su parte en el SAF Las Quebradas con la mayor densidad arbórea, así como la mayor cantidad de árboles leguminosos están contribuyendo positivamente al carbono almacenado en mantillo. Por su parte en el SAF Los Laureles quien presenta el menor aporte de carbono almacenado en mantillo puede estar siendo influenciado por la edad del cafetal 30 años según el productor y que al momento del estudio estaba en proceso de renovación, además fue el único que presentó la especie *Swietenia humilis* 76 individuos ha⁻¹ la cual según Centeno y Herrera (2005, p. 22) produce menor cantidad de mantillo comparada con las leguminosas.

Carbono almacenado por el suelo en los SAF (t C ha⁻¹). El cuadro número 5, demuestra que el SAF con mayor aporte de carbono por el suelo fue Los Chilamates con 103.68 t C ha⁻¹, seguido por el SAF Santa

Gertrudis, Los Laureles y Las Quebradas con 95.48, 65.66 y 58.62 t C ha⁻¹ respectivamente. La densidad aparente y el carbono orgánico en el suelo son las variables que inciden directamente con el volumen de carbono almacenado en el suelo.

Medina, Pérez y Ruiz, (2008), “encontraron más carbono en el suelo de cafetales de mayor edad y a 10 y 20 cm de profundidad, resultando que a 0 - 20 cm se encontró el 73-77 % del total de carbono medido hasta los 30 cm” (p. 37); lo que indica que el movimiento del humus en el perfil del suelo es de arriba hacia abajo. Los autores encontraron un rango de 74.24 a 56.75 t C ha⁻¹ almacenado en el suelo a una profundidad de 20 cm. La cantidad de carbono en el suelo puede estar relacionada con el aporte de mantillo y su velocidad de descomposición, obras de conservación de suelos y aguas presentes en el SAF, drenaje, precipitación, temperatura y manejo del suelo por el productor.

Cuadro 5. Carbono almacenado por el suelo (t C ha⁻¹)

Variables	Santa Gertrudis	Los Laureles	Los Chilamates	Las Quebradas
Densidad aparente del suelo (g cm ⁻³)	1.09	1.14	1.20	0.79
Carbono orgánico en el suelo (%)	4.38	2.88	4.32	3.71
Carbono almacenado en suelo (t C ha ⁻¹)	95.48	65.66	103.68	58.62

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Larios *et al.* (2014), afirman que “las prácticas agroecológicas en plantaciones con café propician un suelo con menor densidad aparente (DA) y valores mayores de carbono orgánico” (p. 67). Connolly y Corea (2007) afirman que “encontraron en el suelo cantidades de 142.78 t C ha⁻¹ a una profundidad de muestreo de 30 cm planteando que la profundidad del muestreo puede incidir en los resultados” (p. 51). Los mismos autores citando a Dixon (1995) indican que en sistemas agroforestales el carbono en el suelo va de 12 – 228 t C ha⁻¹ (p. 51).

Se concuerda con Larios *et al.* (2014), en que la baja densidad aparente es un indicador del probable manejo agroecológico aplicado en el agroecosistema, pero no se coincide en que esto conlleva a valores mayores de carbono orgánico según los resultados de este estudio. Los valores encontrados son ligeramente superiores a los descritos por Medina *et al.* (2008) y están en el rango presentado por Dixon (1995, citado por Connolly, 2008).

Contribución total del reciclaje (t C ha⁻¹). En términos generales la mayor fuente de carbono almacenado promedio por hectárea en los cuatro SAF en estudio fue el suelo con 80.86 t, seguido del aporte de los árboles 15.58 t, mantillo con 6.21 t y finalmente los arbustos de café con 1.22 t ha⁻¹ C respectivamente. El SAF Los Chilamates es quien más carbono almacena gracias al aporte almacenado por el suelo.

Cuadro 6. Contribución total del reciclaje (t C ha⁻¹)

Productor/fuente	Santa Gertrudis	Los Laureles	Los Chilamates	Las Quebradas	Promedio (t C ha ⁻¹)
Suelo	95.48	65.66	103.68	58.62	80.86
Árboles	6.43	25.70	8.50	21.71	15.58
Mantillo	6.61	5.81	5.96	6.47	6.21
Café	0.99	0.61	1.08	2.21	1.22
Total (t C ha ⁻¹)	109.51	97.78	119.22	89.01	103.88

Según Medina *et al.* (2009), afirman que los árboles para sombra son la segunda fuente de carbono después del suelo en sistemas agroforestales con café y los arbustos de café el último lugar (pp. 32 y 33). Finalmente sostienen que la biomasa y contenido de carbono está influenciado por la edad, densidad y especies de árboles para sombra y café.

Similar resultado obtuvo Connolly y Corea (2007, p. 52) según aportes de árboles, arbustos de café a excepción de mantillo (0.76) y el aporte de suelo (142.78 t) a 30 cm de profundidad del suelo. Birdsey (1992, citado por Aristizabal, 2011), sostiene que “en la distribución del carbono en el agroecosistema el suelo representa más del 60 % del total, seguido de la biomasa aérea con un 30 % y en último lugar la necromasa con un 10 %” (p. 50), lo que coincide con los resultados de este trabajo.

Los aportes de carbono almacenado por el suelo (80.86 t C ha⁻¹) fueron resultado del carbono orgánico y de su densidad aparente (DA), en cambio el aporte de carbono

por los árboles (15.58 t C ha⁻¹) se considera fue conferido a su abundancia y diámetro a la altura del pecho, el aporte de mantillo (6.24 t ha⁻¹ C) debido al volumen aportado en materia seca y finalmente el aporte de los arbustos de café (1.22 t C ha⁻¹) por diámetro del tronco, densidad, porcentaje de sombra, altura y edad.

El valor agregado por servicios ambientales en concepto de almacenamiento de carbono son un atractivo económico y ecológico para los productores de café con sombra. Los precios del carbono pueden oscilar entre 1 a 119 dólares americanos por tonelada de CO₂, lo que está en dependencia del mecanismo de pago convenido y políticas climáticas, sin embargo, el Fondo Monetario Internacional (FMI) calcula el precio promedio mundial de carbono en US\$2.00 por t CO₂ (World Bank Group [WBG], 2020, pp. 18 y 21).

Basado en lo descrito por WBG (2020, pp. 18 y 21) los SAF Los Chilamates y Las Quebradas con el mayor y menor volumen de carbono almacenado podrían percibir en concepto de almacén de carbono 874.36 y 652.80 dólares por hectárea en base al CO₂ retenido, según la relación de carbono y oxígeno de 3.667 y el precio de US\$2.00 tonelada de CO₂ planteada por FMI.

Porcentaje de sombra de los sistemas agroforestales.

En la Figura 1 se presenta el porcentaje de sombra de los sistemas agroforestales. El SAF Los Laureles presentó el mayor porcentaje de sombra, seguido de Santa Gertrudis. Las Quebradas es el sistema con el menor porcentaje de sombra registrado.

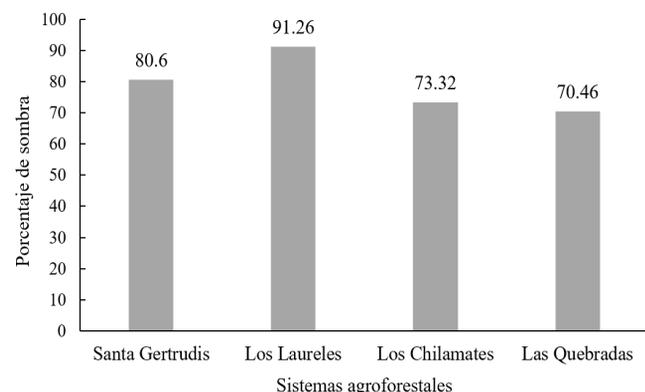


Figura 1. Porcentaje de sombra según sistema agroforestal.

La certificadora Naturland, con la que actualmente trabajan los productores de la zona, en sus normas “establece un mínimo de 40 % de sombra en SAF con café y mínimo de 70 árboles ha⁻¹ y al menos 12 especies con dominancia no

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

mayor del 60 % de la especie más abundante, no menos de dos a tres estratos” (Naturland, 2019, p. 40). Mientras que Zapata (2019) menciona que sombra por encima del 40 % propicia una disminución de los rendimientos (p. 695). Por lo que se requiere reorientar el manejo de la sombra en estos sistemas, para asegurar un mayor aprovechamiento de la luz.

Medina *et al.* (2008), afirman que “los aportes de carbono almacenado por mantillo al suelo están en un rango de 1.7 t C ha⁻¹ a 0.97 t C ha⁻¹ argumentando que las especies utilizadas para sombra son las que mayor aporte realizan al mantillo del suelo comparada con el café” (p. 36). Según Pérez *et al.* (2012, p. 53), “un dosel alto disminuye pérdidas por erosión lo que puede contribuir positivamente con las cantidades de carbono almacenado en el mantillo” (p. 53).

En el Cuadro 3 la variable porcentaje de sombra presenta una relación contraria, aunque no proporcional con el carbono almacenado por los arbustos de café excepto, el SAF Las Quebradas quien presentó los mayores diámetros del tronco y densidad de arbustos por hectárea, similar relación obtuvo Pérez y Amador (2021).

Análisis de componentes principales. En la Figura 2 se representa la relación de cada una de las 13 variables representadas como vectores que parten del eje (0, 0), dicha representación se estructura con dos ejes, el de las abscisas o dimensión uno, explica la máxima varianza 58.4 % y el eje de las ordenadas o dimensión dos que explica el 33.7 %. Ambas dimensiones explican el 92.1 % de la variación total.

En la dimensión uno las variables que contribuyen en mayor medida a la explicación de la varianza son el diámetro de árboles con 12.85, pendiente del terreno 12.24, altura de árboles 12.18, carbono orgánico del suelo 11.86 y altura de arbustos de café con 11.17 % y carbono de árboles con 8.51 % representando seis variables el 68.81 % de la explicación de la varianza en la dimensión uno. En la dimensión dos, cuatro variables explican más del 70 % de la varianza; densidad aparente del suelo 20.63, carbono almacenado por arbustos de café 17.71, número de árboles 17.36 y carbono almacenado en el suelo 14.52 %.

Se reafirma (Figura 2) que una mayor altura, diámetro y número de árboles propicia mayores valores de carbono almacenado por árboles relacionado con menores valores de carbono orgánico en el suelo, altura del café y carbono almacenado por el mantillo y el suelo. Se observa que el carbono almacenado por mantillo se relaciona con el diámetro y altura de los arbustos de café y del carbono orgánico del suelo mientras que a mayores dimensiones de árboles, pendiente y porcentaje de sombra se encontrará menores volúmenes de carbono en mantillo.

Se observa también que el carbono almacenado por arbustos de café es beneficiado por el diámetro y altura de los arbustos y que está relacionado con el carbono del mantillo. Una alta densidad aparente y carbono orgánico del suelo

benefician los volúmenes de carbono almacenado en el suelo, observando una relación contraria con las variables de árboles como altura, diámetro y carbono de árboles.

Finalmente se observa que a más carbono almacenado por árboles habrá entonces menos de mantillo, suelo y café, caso contrario ocurre entre el carbono almacenado por mantillo y el café que muestran relación positiva.

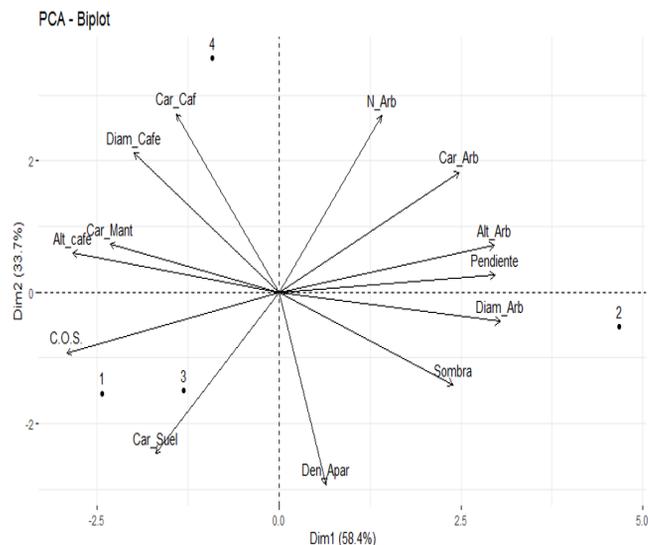


Figura 2. Análisis de componentes principales de la estimación de carbono almacenado en sistemas agroforestales con café.

Car_Caf=carbono café, Car_Suel=carbono en el suelo, Car_Arb=carbono en árboles, Alt_Arb=altura árbol, Diam_Arb= diámetro de árboles, Den_Apar= densidad aparente del suelo, C.O.S.= carbono orgánico del suelo, Alt_Café= altura de arbustos de café, Car_Mant=carbono de mantillo, Diam_café=diámetro de arbusto de café, N_Arb= número de árboles, 1=finca Santa Gertrudis, 2= Finca Los Laureles, 3= Finca Los Chilamates, 4=Finca Las Quebradas.

El análisis de componentes principales (ACP), es un método algebraico estadístico que trata de sintetizar y generar una estructura a la información contenida en una matriz de datos, homologando dicha matriz a un espacio vectorial (Lozares y López, 1991, p. 33). Un vector entre más se aleja del centro del eje tendrá mayor valor y entre más se acerca del eje brindará un mayor aporte a la explicación de la dimensión.

Ayala y Almanza (2021), afirman que “existe una alta relación entre el almacenamiento de nitrógeno y carbono con la disponibilidad de materia orgánica e inverso con la densidad aparente del suelo” (p. 7). Llanes *et. al.* (2017), afirman que “un suelo con poca cobertura vegetal es más vulnerable a la pérdida de materia orgánica por lo que precisa que se deben promover sistemas con mayor cobertura de rastrojos y arbórea como los sistemas agroforestales” (p. 62).

“La densidad arbórea y el grosor del diámetro son características que inciden en la fijación y acumulación de

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

carbono en la biomasa del arbolado” (Sánchez *et al.*, 2018, p. 55). Masuhara *et al.* (2015), evaluando carbono almacenado en diferentes usos de la tierra afirma que “en bosque de montaña se localiza mayores volúmenes de carbono en la biomasa aérea que en un SAF con café y árboles de uso múltiple, pero que el carbono orgánico del suelo es mayor en éste” (p. 66). Lo que también se puede observar en la figura 2 donde el carbono de árboles es contrario al carbono orgánico del suelo.

Ovalle Rivera (2016), plantea que “el suelo es quien más carbono almacena seguido de los árboles y arbusto de café, pero además que la tasa de fijación depende de la densidad y tipo de árbol” (p. 4). El mismo autor afirma que “el

porcentaje de sombra afecta directamente el rendimiento del cultivo del café” (p. 4).

CONCLUSIONES

El componente suelo es quien más carbono almacena en promedio con 80.86 t C ha⁻¹, seguido de los árboles, mantillo y arbustos de café con 15.58, 6.21 y 1.22 t C ha⁻¹. Los sistemas agroforestales que presentaron los mayores y menores volúmenes de carbono almacenado fueron Los Chilamates y Las Quebradas con 119.22 y 89.01 t C ha⁻¹ respectivamente.

Los productores podrían generar otros ingresos en concepto de carbono almacenado por un monto entre 874.36 a 652.80 dólares americanos por hectárea en base al CO₂ retenido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Bustamante, V. (2005). Análisis y datos provenientes de ensayos de descomposición y mineralización de residuos vegetales. *La Calera*, 5(6), 50-54. <https://lacialera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/51/51>
- Andrade, H. J. e Ibrahim, M. (2003). Cómo monitorear el secuestro de carbono en sistemas silvopastoriles. *Agroforestería de las Américas*, 10(39-40), 109-116. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6950/Como_monitorear_el_secuestro.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Argüello Guerrero, A. y Olivero Palma, M. (2015). *Análisis de la cadena de valor del café convencional periodo 2012-2013* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-Managua]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unan.edu.ni/3950/1/3237.pdf>
- Aristizabal, J. D. (2011). Desarrollo de modelos de biomasa aérea en sombríos de cafeto (*Coffea arabica* L.) mediante datos simulados. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 14(1), 49-56. <https://doi.org/10.31910/rudca.v14.n1.2011.756>
- Ayala Aragón, O. y Almanza López, M. (2021). Almacenamiento de carbono orgánico en suelos agrícolas de la zona intersalar potosino en diferentes tipos de uso. *RIIARn*, 8(2), 7-19. <https://doi.org/10.53287/pokx3560jc91k>
- Buitrago Trujillo, N. (2005). *Evaluación del potencial hídrico del entorno de la Ciudad de Boaco* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-Managua]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unan.edu.ni/2380/>
- Centeno Ramírez, T. y Herrera Hernández, D. (2005). *Caracterización biofísica y suelos de los sistemas cafetaleros en la zona baja húmeda de Matagalpa* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/2085/>
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (2002). *Inventario forestal para bosques latifoliados en América Central*. CATIE. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2600/Inventarios_forestales_para_bosques_latifoliados.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Centro de Trámites de las Exportaciones. (2020). *Comparativo de los principales productos exportados*. <https://www.cetrex.gob.ni/Portalestadistico/>
- Climate-data.org. (s.f.). *Clima de Boaco*. <https://es.climate-data.org/americas-del-norte/nicaragua/boaco/boaco-30644/>
- Connolly Wilson, R. y Corea Siu, C. (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/1103/1/tnp01c752.pdf>
- Grupo consultivo de expertos. (s.f.). *Manual para el sector del uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)*. <https://unfccc.int/sites/default/files/11-bis-handbook-on-lulucf-sector.pdf>
- Incer Barquero, J. (2000). *Geografía Dinámica de Nicaragua* (2. ed.). HISPAMER.
- Larios González, R. C., Salmerón Miranda, F. y García Centeno, L. (2014). Fertilidad del suelo con prácticas agroecológicas y manejo convencional en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.). *La Calera*. 14(23), 67-75. <https://www.camjol.info/index.php/CALERA/article/view/2660/2411>
- Llanes, G., Rizo Bermúdez, D., Mendoza Corrales, R., Avilés Silva, E. y Duarte Canales, H. (2017). Agricultura de conservación de suelos y su efecto en la erosión hídrica y propiedades hidrofísicas en la unidad hidrográfica Quebrada arriba, Yalaguina, 2017. *La Calera*, 20(34), 57–63. <https://lacialera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/417/587>
- Lozares Colina, C. y López Roldan, P. (1991). El análisis de componentes principales. *Papers Revista de Sociología*, 37, 31-63. <https://papers.uab.cat/article/view/v37-lozares-lopez-2/pdf-es>
- Masuhara, A., Valdés, E., Pérez, J., Gutiérrez, D., Vázquez, J. C., Salcedo, E., Juárez, M. y Merino, A. (2015). Carbono almacenado en diferentes sistemas agroforestales de café en Huatusco, Veracruz, México. *Revista Amazónica de Ciencia y Tecnología*, 4(1), 66 – 93. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5271975>

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

- Medina Benavides, C., Calero Gómez, C., Hurtado, H. y Vivas Soto, E. (2009). Cuantificación de carbono en la biomasa aérea de café (*Coffea arabica* L.) con sombra, en la comarca Palo de Sombrero, Jinotega, Matagalpa. *La Calera*, 9(12), 28-34. <https://lacialera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/130/130>
- Medina Benavides, C., Pérez Z., M. y Ruíz Q., J. (2008). Cuantificación del carbono almacenado en suelo de café (*Coffea arabica* L.) con sombra en la comarca Palo de Sombrero, Jinotega, Nicaragua. *La Calera*, 8(10), 33-39. <https://lacialera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/99/99>
- Moraga Quezada, P., Bolaños Taleno, R., Pilz, M., Munguía Hernández, R. Jürgen, P., Barios, M., Haggar, J. y Gamboa Moya, W. (2011). Árboles de sombra e intensidad del cultivo afectan el rendimiento de café (*Coffea arabica* L.) y la valoración ecológica en Masatepe, Nicaragua. *La Calera*, 11(17), 41-47. <https://lacialera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/141/141>
- Naturland. (2019). *Normas de Naturland: Producción*. https://www.naturland.de/images/SP/Naturland_SP/Normas/Naturland-Normas_AGRicultura-organica.pdf
- Organización internacional del café. (2013). Informe acerca de la misión técnica interagencial a Nicaragua: Análisis de la caficultura en Nicaragua. <http://www.ico.org/documents/cy2012-13/ed-2166c-report-nicaragua.pdf>
- Orozco, G., Ordoñez, E., Suárez, S. y López, C. (2014). Almacenamiento de carbono en arreglos agroforestales asociados con café (*Coffea arabica*) en el sur de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(1), 213–221. <https://doi.org/10.22490/21456453.956>
- Ovalle Rivera, O. (2016). *Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con café en Costa Rica*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <https://hdl.handle.net/10568/92854>
- Pérez Amador, E. y Amador Lira, L. (2021). *Estimación de la composición florística y carbono almacenado en sistemas agroforestales con café (Coffea arabica L.) en comarca Loma de Cafen, Boaco, 2021* [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria.
- Pérez Nieto, J., Valdés Velarde, E. y Ordaz Chaparro, V. (2012). Cobertura vegetal y erosión del suelo en sistemas agroforestales de café bajo sombra. *Terra Latinoamericana*, 30(3), 249-259. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57325509001>
- Pico Mendoza, J. (2011). *Evaluación de servicios ambientales en sistemas agroforestales con café bajo diferentes tipos de certificaciones en Turrialba Costa Rica* [Tesis de Maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. Repositorio del Conocimiento Institucional. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5048/Evaluacion_de_servicios_ambientales.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sampieri Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª Ed.). McGraw Hill.
- Sánchez Rodas, N., Iriás Gutiérrez, N., Calero González, C. y Alonzo Serrano, E. (2018). Biomasa forestal, carbono fijado y almacenado en sistema bosque y sistema silvopastoril en siete fincas del municipio de Mulukukú, RACN, 2018. *La Calera*, 20(34), 49–56. <https://lacialera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/415/594>
- Suárez Pascua, D. I. (2002). *Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café en la comarca Yassica Sur Matagalpa, Nicaragua* [Tesis de Maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. Repositorio del Conocimiento Institucional. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/3735>
- Suárez, D., Segura, M. y Kanninen, M. (2004). Estimación de la biomasa aérea total en árboles de sombra y plantas de café en sistemas agroforestales en Matagalpa, Nicaragua, usando modelos alométricos. *Agroforestería de las Américas*, (41-42), 112-119. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6233/Estimacion_de_la_biomasa_aerea.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Valkila, J. (2009). Fair Trade Organic Coffee Production in Nicaragua-Sustainable development or a poverty trap? *Ecological Economics*, 68(12), 3018-3025. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.07.002>
- World Bank Group. (2020). *Situación y tendencias de la fijación del precio al carbono 2020*.
- Zapata Arango, P. (2019). Composición y estructura del dosel de sombra en sistemas agroforestales con café de tres municipios de Cundinamarca, Colombia. *Ciencia forestal*, 29(2), 685-697. <https://doi.org/10.5902/1980509827037>

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Malformaciones congénitas en embriones y neonatos de la tortuga marina Paslama (*Lepidochelys olivácea*, Eschscholtz, 1829) relocalizados en viveros

Congenital malformations in embryos and neonates of Paslama sea turtle (*Lepidochelys olivácea*, Eschscholtz, 1829) relocated to nurseries

Alessandro Gómez-Santana¹, Oscar González-Quiroz²

¹ Licenciado en Biología, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6774-1898/alessandro.gomez18@gmail.com>

² Doctor en Ecología, Conservación y Restauración de Ecosistemas, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2775-801X/oscar.gonzalez@ct.unanleon.edu.ni>

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



RESUMEN

El presente estudio recopiló datos acerca de las malformaciones congénitas presentes en embriones y neonatos de tortugas marinas, en nidos relocalizados dentro de viveros con dos formas distintas de incubación (tradicional y en saco), en las comunidades de Las Peñitas y Salinas Grandes, durante la temporada de anidación 2019-2020. Los tipos de malformaciones fueron identificadas a través de comparación de ilustraciones que muestran 48 diferentes tipos de anomalías congénitas. Se trabajó con una muestra de 49 nidos por vivero, se revisó a los neonatos recién nacidos y dos días después se exhumaron los huevos que no eclosionaron. También se calcularon los índices de prevalencia e intensidad de malformaciones. Se identificaron 29 tipos de malformaciones, distribuidas entre los viveros de la siguiente manera: 16 para la muestra de Las Peñitas y 27 para la muestra de Salinas Grandes. Las malformaciones más frecuentes fueron los problemas de pigmentación y deformaciones en estructuras óseas, donde muchos de estos casos venían acompañados de otras anomalías en estructuras importantes como nariz, aletas, ojos, etc. La prevalencia registrada en Las Peñitas es de 6.9 %, con una intensidad de 1.62 malformaciones por organismo, en cambio, para Salinas Grandes se presentó una prevalencia de 5.2 % y una intensidad de 1.99 malformaciones por organismo. Los valores de malformaciones obtenidos en esta investigación son superiores a los reportados en otras playas de la región.

Palabras clave: malformaciones congénitas, prevalencia, intensidad, tortugas marinas, neonatos.

ABSTRACT

This study collected congenital malformations data in embryos and hatchlings of sea turtle in nests within hatcheries with two forms of incubation (traditional and in sack), in Las Peñitas and Salinas Grandes communities during the nesting season 2019-2020. The sample size was 49 nests per nursery, where newborns were checked immediately and 2 days later the eggs that did not hatch were exhumed. The types of malformations were identified through the comparison of illustrations showing 48 different types of congenital anomalies. The prevalence and intensity of malformations rates were also calculated. A total of 29 types of malformations were identified, distributed among the nurseries as follows: 16 for the Las Peñitas sample and 27 for the Salinas Grandes sample. The most frequent malformations were pigmentation problems and deformations in bone structures, where many of these cases were accompanied by other anomalies in important structures (nose, fins, eyes, etc). The malformation prevalence was 6.9 %, with an intensity of 1.62 malformations per organism in Las Peñitas. meanwhile, congenital abnormalities prevalence was 5.2 % with an intensity of 1.99 malformations per organism in Salinas Grandes. In summary, the malformation prevalence was higher in this study compared to other studies conducted in the region.

Keywords: Congenital malformations, prevalence, intensity, sea turtles, neonates.

Recibido: 3 de marzo del 2023
Aceptado: 15 de junio del 2023



Copyright 2023. Universidad Nacional Agraria (UNA).

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

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

A escala mundial las poblaciones de tortugas marinas se encuentran severamente afectadas por diversas circunstancias, siendo las principales de origen antropogénico (Bárceñas y Maldonado, 2009; Martín-Del-Campo y García-Gasca, 2019). Todas las especies están clasificadas en peligro de extinción y además incluidas en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y en el apéndice I de los acuerdos de la Convención Internacional para el Comercio de Fauna y Flora Silvestre Amenazada (CITES) (Dow y Eckert, 2011).

Para la conservación de las tortugas marinas, se están implementando planes y estrategias a escala local, regional y global (Arzola-González, 2007; Hamann *et al.*, 2010). En el caso de Nicaragua, se trabaja por la conservación y protección de cinco de las siete especies de tortugas marinas existentes, a través de acciones como la investigación, el desarrollo y ejecución de planes, estrategias de conservación del mar, protección de las playas de anidación, búsquedas de alternativas económicas a los pobladores que viven del medio marino y monitoreo y control del comercio de tortugas ([Fauna y Flora Internacional y Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales] (FFI y MARENA, 2004); Jameson *et al.* (2019).

Otra estrategia de conservación y protección es la incubación de huevos de tortugas marinas en viveros que recrean las características propias de los nidos y su ambiente natural de incubación, como lo indica el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA, 2021). Se igualan las condiciones del medio natural, las cuales son complejas y dinámicas, donde interactúan diversos factores físicos-químicos (temperatura, humedad, salinidad, granulometría del sustrato, pH, etc.) y biológicos (vegetación, predadores) que intervienen en el proceso del desarrollo embrionario (Abdo-de la Parra *et al.*, 2012; Abella, 2010; Peñalba y Rios, 2013).

Los esfuerzos de conservación se ven constantemente amenazados por diversas causas, destacando la sobrepesca, la destrucción del hábitat y la contaminación (Bolongaro Crevenna *et al.*, 2010; Bugoni *et al.*, 2001; Contreras, 2016; Mazaris *et al.*, 2017; J. Perrault *et al.*, 2011). Las escorrentías de productos químicos y fertilizantes, vertidos domésticos e industriales y lavados de suelos que generan erosión y sedimentación en las zonas marinas costeras impactan negativamente a los ecosistemas marinos, afectando directa o indirectamente a las tortugas marinas y sus poblaciones (CIT Secretaría, 2006). Estos contaminantes son en muchas ocasiones el inicio de procesos de malformación (Bárceñas y Maldonado, 2009).

Otros factores que causan las malformaciones pueden ser agentes microscópicos como virus y bacterias; los virus al incorporar material genético en el genoma del embrión, generando problemas durante síntesis de proteínas; las bacterias, por su parte, se incorporan durante la organogénesis, causando lesiones muy graves (Rojas y Walker, 2012).

En Nicaragua no se cuenta con estudios científicos enfocados en malformaciones congénitas de embriones y neonatos de tortugas marinas. Resulta de vital importancia analizar los tipos de malformaciones congénitas en embriones y neonatos de *Lepidochelys olivacea* relocalizados en vivero, tomando en cuenta la intensidad y prevalencia de las malformaciones, las pérdidas que se obtienen por las muertes que estas ocasionan y el papel que jugamos durante el manejo de los huevos en viveros. Esta investigación presenta los primeros datos sobre las malformaciones congénitas registradas en viveros de tortugas marinas de siembra tradicional (directamente en arena) y siembra en saco (plástico o yute). También servirá de base para estudios a largo plazo de la salud de la población de tortugas anidantes en Nicaragua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó en las playas de la Reserva Natural Isla Juan Venado y su zona de amortiguamiento ubicada en el Municipio de León (Figura 1), Departamento de León, dentro de los viveros Ulises en Las Peñitas (UTM 498985E – 1365332N) y El Charco en Salinas Grandes (UTM 518247E -1353284N), en la costa del Pacífico, a 120 km de Managua, capital de Nicaragua.

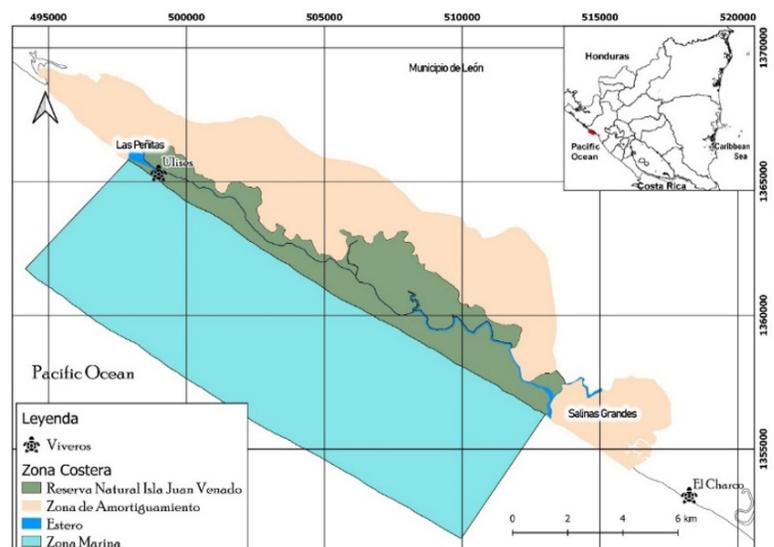


Figura 1. Zonas costeras de Las Peñitas y Salinas Grandes.

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

En el período de recolecta de la información, se contabilizaron 388 nidos de *L. olivacea*, como población de estudio, la que corresponde al total de relocalizaciones entre los viveros Ulises de Las Peñitas (Reserva Natural Isla Juan Venado) y el vivero El Charco en Salinas Grandes (área de amortiguamiento). La muestra fue extraída de 98 nidos (49 nidos por vivero), donde se valoró huevos que presentaron embriones formados, así como neonatos vivos y muertos encontrados en cada nido relocalizado.

Colecta de datos. Fue realizada por medio de observación directa. Los datos se incorporaron a una matriz donde se incluyó la localización del nido, número de huevos por nido relocalizado, huevos eclosionados, huevos no eclosionados, neonatos vivos y neonatos muertos. Se anexó información sobre los neonatos de *L. olivacea* y los nidos donde estos fueron reubicados, de igual forma, se examinó entre dos y cuatro días después, aquellos huevos que después de la fecha estimada para el nacimiento no lograron comenzar o terminar el proceso de gestación. Se colectaron embriones y neonatos de *L. olivacea* con distintas malformaciones y se preservaron en formalina al 40 % como muestras en el laboratorio de zoología del departamento de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León).

Los individuos con malformaciones congénitas identificados en los viveros se compararon con el material suplementario propuesto por Bárcenas-Ibarra *et al.* (2015) y las ilustraciones elaboradas por Cañón y Orozco (2004). La primera contiene ilustraciones de 48 tipos de malformaciones encontradas en embriones y neonatos de tortugas marinas y la segunda, las diferenciaciones que presenta cada estadio dentro del huevo.

Los datos registrados fueron almacenados en el programa Microsoft Excel, en su versión 2013. La base de dato se trabajó en un formato de tabla previamente diseñado. El análisis descriptivo fue realizado con el software Rstudio (de acceso libre). En cuanto a las malformaciones congénitas se empleó el índice de *Prevalencia*, que muestra la proporción de organismos en los que se observó al menos una malformación.

$$Prevalencia = \frac{Número\ de\ Organismo\ con\ Malformaciones}{Total\ de\ Organismos\ Revisados} \times 100$$

Se calculó el Índice *Intensidad* para determinar la cantidad de malformaciones que se observan por individuo.

$$Intensidad = \frac{Número\ de\ Malformaciones\ Encontradas}{Número\ de\ Organismos\ con\ Malformaciones}$$

Severidad de las malformaciones congénitas. En base a la severidad que representa cada uno de los tipos de malformaciones, se realizó una clasificación con las categorías de no letal, sub- letal y letal.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Éxito de eclosión. En el período de septiembre 2019 a febrero 2020, se revisaron 98 nidos entre los viveros Ulises y El Charco (49 nidos por sitio). Se contabilizaron 8 760 huevos relocalizados entre ambos sitios. De los 49 nidos monitoreados en el vivero Ulises, se registró un total de 4 176 huevos y un promedio de 85 ±1.4 huevos/nidos. Para el vivero El Charco se obtuvo un total de 4 584 huevos, con un promedio de 94±2.3 huevos/nidos. Los valores promedios encontrados son similares a los reportados por Cortez Reyes y González Pérez (2020), quienes trabajaron con 98 nidos dentro de la Reserva Natural Isla Juan Venado, contabilizando 8 405 huevos con un promedio de 85.7 huevos/nidos, así como a los datos de Bárcenas y Maldonado (2009), que contabilizaron 100 nidos con 8 624 huevos y un promedio de 86.2 ±2.0 huevos/nidos; ambos estudios fueron realizados con la especie *L. olivacea*.

En el vivero Ulises se obtuvo una supervivencia del 76 %. Se contabilizaron 3 159 neonatos, 451 huevos sin desarrollo embrionario (HSDE), 566 huevos con desarrollo embrionario (HCDE). De estos últimos, 34 huevos en estadio I, 49 huevos en estadio II, 180 en estadio III y 303 en estadio IV. Además se registraron 60 huevos con larvas y 339 con presencia de hongos.

Esta ultima problemática es posible cuando los niveles de humedad en la arena y por ende dentro del nido se encuentran por encima de lo requerido para el éxito de eclosion y que en conjunto con de otros factores externos (como la estructura del vivero y las condiciones ambientales de la temporada), pueden crear las condiciones propicias para la proliferación de hongos en la nidada. Dentro del periodo de muestreo, durante los meses de septiembre y octubre (INETER, 2019a, 2019b) se presentó un aumento en las precipitaciones dentro del país, específicamente la zona occidental del pacífico registro 454 mm de lluvia, muy cercano a las normas historicas registradas en años anteriores, presentando bajas a partir del mes de noviembre del mismo año, así lo indica el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2019c).

A esta problemática habría que agregar que la estructura del viveo Ulises era completamente cerrada, lo que, si bien redujo considerablemente la entrada de moscas saprófitas, esta no fue muy eficiente a la hora de evitar el exceso de humedad dentro del vivero, pues la proliferación de hongos en la cascarilla del huevo fue mucho mayor. Por esta razón se recomienda que las estructuras no sean completamente cerrada y que permitan la circulación del aire y la caída libre del agua (CIT Secretaría, 2008). Otro factor que puede provocar incremento de riesgo de contaminación por microorganismo es la presencia de huevos infértiles dentro de los nidos, ya que al ser infértiles entran rápidamente en estado de descomposición invadiendo los huevos viables y por ende afectando el éxito de emergencia (Abella, 2010).

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

En el vivero El Charco se registró una supervivencia del 85 %; se contabilizaron 3 869 neonatos de tortuga marina, 295 huevos sin desarrollo embrionario y 420 huevos con desarrollo embrionario; de estos últimos, 42 huevos se encontraron en estadio I, 33 huevos en estadio II, 54 en estadio III y 291 en estadio IV de eclosión embrionaria. También se documentó la presencia de larvas y hongos en los nidos de dicho sitio y se reportó la presencia de 184 huevos con larvas de mosca y 134 huevos con presencia de hongos. A diferencia del vivero Ulises, en El Charco, al poseer una estructura un poco más abierta, permitió la circulación del aire, así como la caída libre del agua, sin embargo, esto acrecentó la presencia de larvas de mosca saprófitas.

Si bien el comportamiento de hongos y larvas en Ulises y El Charco, cambió según el viveros, no se puede atribuir del todo estas problemáticas a las estructura de estos, pues, se sabe que de forma general, los testudíneos marinos son susceptibles a enfermedades parasitarias, ignorándose en la mayoría de los casos el daño que estas pueden ocasionar a las poblaciones (Gámez *et al.*, 2006), así mismo, los insectos tratan de introducirse en los nidos, principalmente las moscas pueden ovopositar en los primeros días de eclosión, así como al final de ésta, siendo atraídas principalmente por el mucus de las hembras al inicio de la puesta o por el líquido neonatal liberado de los tortuguillos a la hora de los nacimientos (CIT Secretaría, 2008).

Por tal razón no se puede decir que una estructura supera a la otra, sin embargo, una mezcla adecuada entre ambas estructuras brinda seguridad y un buen control. Instalaciones abiertas o semi abiertas complementadas con una canasta de cedazo galvanizado en cada nido, evita alta humedad dentro de los nidos y la proliferación de hongos, así como evita que los insectos parasiten los nidos (Chacón *et al.*, 2000, 2007; Sarti *et al.*, 2006).

Malformaciones congénitas en *L. olivacea*. se identificaron 29 tipos de malformaciones *L. olivacea* (Cuadro 1 y 2). Para ambos sitios, la mayoría de las malformaciones en los organismos se observaron en el estadio IV de eclosión embrionaria.

Estos resultados son similares a los reportados por Bárcenas y Maldonado (2009), quienes señalan la presencia de malformaciones solo en los estadios IV. Todos los embriones en estadio IV estaban muertos, lo que concuerda con Cañón y Orozco (2004) y Galvan Piña (1991), pues indican que la mayor cantidad de muertes en los embriones se da en los estadios III y IV, estadios que comprenden el último período de incubación, el que es catalogado como el momento en que la supervivencia se ve afectada mayormente por variables como la humedad y la temperatura (Peñalba y Rios, 2013).

Severidad de las malformaciones congénitas. En el vivero Ulises se registraron 421 individuos con malformaciones agrupadas en 16 tipos y presentes en seis regiones anatómicas; cinco se clasifican como no letales, siete son sub-letales y cuatro se consideran como letales (Cuadro 1).

En el vivero El Charco se registraron 447 individuos con malformaciones agrupadas en 28 tipos y presentes en siete regiones anatómicas, donde siete se clasifican como no letales, 10 como sub-letales y 11 se consideran como letales (Cuadro 2). Los valores reportados en esta investigación son similares a los registrados por Bárcenas y Maldonado (2009), al contabilizar 182 malformaciones congénitas en neonatos y de tortugas marinas, agrupadas en 21 tipos, cinco de ellas consideradas como no letales, siete como sub- letales y nueve como letales (estas malformaciones se localizaron en siete regiones anatómicas).

Cuadro 1. Número y proporción de malformaciones por región anatómica, por tipo y nivel de severidad, vivero Ulises

Región anatómica	N	Porcentaje	Tipo de malformación	N	Porcentaje	Severidad
General	192	45.6	Albinismo parcial	167	39.7	No letal
			Enanismo	24	5.7	Sub-letal
			Onfalópagos	1	0.2	Letal
Cabeza	1	0.2	Encelofacele	1	0.2	Sub-letal
Ojos	16	3.8	Macroftalmia	12	2.9	Sub-letal
			Sinofthalmia	3	0.7	Letal
			Macroftalmia	1	0.2	Sub-letal
Nariz	1	0.3	Arhinia	1	0.2	Letal
			Focomelia	3	0.7	Sub-letal
Aletas	6	1.4	Hiperflexión	2	0.5	Sub-letal
			Amelia	1	0.2	Sub-letal
			Caparazón comprimido	115	27.3	No letal
Caparazón	205	48.7	Deformación de huesos	49	11.6	No letal
			Cifosis	23	5.5	No letal
			Escoliosis	17	4.0	No letal
			Metaplasia del plastrón	1	0.2	Letal

N= Número de individuos.

Existen factores biológicos como las afectaciones por virus y bacterias que pueden generar malformaciones. De acuerdo con Rojas y Walker (2012) los virus pueden incorporar su material genético en el genoma del embrión, generando problemas durante la síntesis de proteínas. Estos mismos autores también consideran que las bacterias se incorporan durante la organogénesis, causando lesiones muy graves; sin embargo, el papel que puedan tener virus y bacterias todavía es un tema de controversia entre investigadores, ya que la mayoría señalan como principal causa de malformación en el desarrollo embrionario en los reptiles, a los contaminantes, pues sugieren que existe una relación entre la tasa de malformación y la contaminación del sitio (Bell *et al.*, 2006).

Las malformaciones y otras enfermedades, tanto en tortugas como en otras especies marinas, ha sido relacionada con la contaminación ambiental destacando grandemente los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) o Contaminantes

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Tóxicos Persistentes (CTP) (Camacho Rodríguez, 2013; Perrault *et al.*, 2011). Estas son sustancias xenobióticas, muy difíciles de eliminar o transformar a sus formas inocuas, poseen alta capacidad de bioacumulación y biomagnificación en las cadenas alimenticias, especialmente en los tejidos adiposos, afectando la homeostasis en los organismos, por lo que son considerados disruptores endocrinos (Bell *et al.*, 2006; Botello *et al.*, 2014). En el caso de las tortugas marinas, están expuestas a la contaminación en las distintas etapas de su vida, por lo que, terminan siendo susceptibles o vulnerables a dichas sustancias (Bologaro Crevenna *et al.*, 2010).

Cuadro 2. Número y proporción de malformaciones por región anatómica, por tipo y nivel de severidad, vivero El Charco

Región anatómica	N	Porcentaje	Tipo de malformación	N	Porcentaje	Severidad
General	206	46.1	Albinismo parcial	182	40.7	No letal
			Albinismo parcial	11	2.5	No letal
			Enanismo	10	2.2	Sub-letal
			Anasarca	2	0.4	Letal
			Onfalópagos	1	0.2	Letal
Cabeza	20	4.5	Prosoposquisis	8	1.8	Letal
			Encefalocele	5	1.1	Sub-letal
			Acefalia	3	0.7	Letal
			Anencefalia	3	0.7	Letal
			Excencefalia	1	0.2	Letal
Ojos	34	7.6	Macroftalmia	18	4.0	Sub-letal
			Anoftalmia	8	1.8	No letal
			Sinoftalmia	6	1.3	Letal
			Microftalmia	2	0.4	Sub-letal
Nariz	12	2.7	Rinocefalia	9	2.0	Letal
			Agnacia	6	1.3	Letal
Mandíbula	19	4.2	Arhinia	3	0.7	Letal
			Laterognacia	6	1.3	Sub-letal
			Prognatismo	4	0.9	Sub-letal
			Gnotiquisis	2	0.4	Sub-letal
			Braquignacia	1	0.2	Sub-letal
Aletas	4	0.9	Amelia	2	0.4	Sub-letal
			Focomelia	2	0.4	Sub-letal
Caparazón	152	34.0	Caparazón comprimido	90	20.1	No letal
			Escoliosis	41	9.2	No letal
			Cifosis	8	1.8	No letal
			Metaplasia del plastrón	8	1.8	Letal
			Deformación de huesos	5	1.1	No letal

N= Número de individuos.

Las interacciones con compuestos Contaminantes Orgánicos Persistentes o Contaminantes Tóxicos Persistentes pueden estar presente desde el inicio del proceso de formación embrionaria, transfiriendo las hembras gran parte de los contaminantes al momento de la puesta, en el contenido de los huevos (Camacho Rodríguez, 2013). Bell *et al.* (2006) expresan que la participación del macho también puede influir, pues algunos machos pueden acumular mayor contenido de estas sustancias en sus testículos, por lo que desde un principio puede ocurrir la unión de espermatozoide que presenta ADN dañado con el ovulo de la hembra. Sin embargo, es difícil saber hasta dónde influye este último, pues una nidada muchas veces es fecundada por más de un macho, por esta razón

solo se puede decir que las malformaciones pueden reflejar la constitución genética del embrión, así como, el ambiente materno de incubación (Cañón y Orozco, 2004).

Es importante tener en cuenta que los reptiles pueden verse expuesto a los contaminantes por tres causas: la alimentación, el agua, el aire; siendo el alimento el de mayor relevancia (Monagas Manzano, 2007). Este último es de vital importancia en el tema de malformaciones, ya que la mayoría de estos problemas son de origen nutricional (Camacho Rodríguez, 2013), pues una vez digeridas estas sustancias, terminan distribuyéndose en todo el cuerpo a través del torrente sanguíneo (Ley Quiñónez, 2009).

Las principales malformaciones en los dos viveros estuvieron relacionadas a la pigmentación, presentándose en forma de albinismo general o parcial (siendo este último el más común), seguida de problemas relacionado a la estructura ósea entre otros. En el vivero Ulises en Las Peñitas se contabilizaron 167 casos de albinismo parcial (Figura 2a), presentes en distintas partes anatómicas, principalmente en el borde de aletas, mandíbulas, caparazón y en el área del plastrón. Para el caso del vivero El Charco en Salinas Grande, los problemas de pigmentación se observaron en 356 casos, siendo 11 de estos, albinismo general (figura 2b) y el resto de los casos se manifiesta de forma similar a la del vivero Ulises.

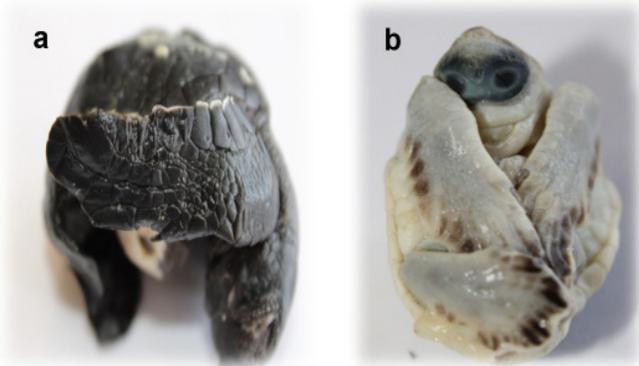


Figura 2. Tipos de albinismos en embriones de *L. olivacea*. a) Embrión con albinismo parcial; b) Embrión con albinismo total, anencefalia (falta parcial o total del cerebro y el cráneo) y Sinoftalmia (ojos fusionados o unidos en el centro).

El albinismo no es una condición letal, sin embargo, cuando la condición era en todo el cuerpo, esta venía acompañada de otras malformaciones en zonas como aletas, cabeza, nariz y otras, la cuales si eran mortales. Similar condición es reportada por Bárcenas y Maldonado (2009) en las playas de Nayarit, México. Otra característica es que los individuos registrados con este problema sobrevivían a todo el proceso embrionario, pero eran incapaces de romper el cascarón de los huevos, por ende, terminaban asfixiándose (Cañón y Orozco, 2004), es por esta razón que en la mayoría

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

de los casos es más fácil encontrar a neonatos con esta condición muertos que vivos (Kaska y Downie, 1999, J. R. Perrault y Coppenrath, 2019).

En cuanto al origen de ésta, podría ser por distintas causas, como la acción de un gen homocigoto recesivo heredable (Godfrey y Mrosovsky, 1994) o la acción de centros hormonales que regulan la pigmentación y que se han visto afectados por la temperatura (Cañón y Orozco, 2004). Por su parte Kaska y Downie, (1999) y Galvan Piña, (1991) afirman que los problemas en la cabeza son el punto de origen de dicha condición; sin embargo, la presencia de contaminantes como bifenilos policlorinados (PBC) han tenido efectos similares en otros reptiles como *Chelydra serpentina* (Bárceñas y Maldonado 2009).

Después de los problemas en la pigmentación, las anomalías asociadas a la estructura ósea poseen un segundo lugar en cuanto a cifras registradas, donde destacan problemas como: caparazón comprimido y deformación de los huesos (Figura 3); esto, con valores de 115 y 49 casos en el vivero Ulises en Las Peñitas. En Salina Grande (vivero El Charco) los problemas en la estructura ósea de los organismos se manifiestan con gran regularidad, destacando: caparazón comprimido con 90 casos documentados, seguido de escoliosis (41 casos).



Figura 3. Embrión de *L. olivacea* con caparazón comprimido.

Las malformaciones relacionadas a las estructuras óseas muchas veces tienen como origen factores mecánicos, en donde el nido experimenta una gran presión externa (Galvan Piña, 1991), lo que hace que la nidada sea inadecuada en el sitio (Bolongaro Crevenna *et al.*, 2010). Esta malformación es acompañada de deformaciones en los huesos o en la columna, si bien, como lo expresa Bárceñas y Maldonado (2009), no es de carácter letal, pero, puede jugar un papel importante en la supervivencia, pues tienden a atrofiar ciertas capacidades, como la sumersión y el nado, siendo el cautiverio la única forma de sobrevivir (Cañón y Orozco, 2004). El resto de las malformaciones presentaron valores en el rango de 3 a 1 espécimen por condición.

Prevalencia e intensidad. Una vez revisada la muestra y procesado los datos, se procedió a la aplicación de los índices de prevalencia e intensidad, las cuales son medidas de frecuencia significativas y puede obtenerse cuando se estudia la morbilidad y mortalidad de las enfermedades; en la epidemiología descriptiva son fundamentales e implica estudiar cómo se distribuye la enfermedad en la población (Fajardo-Gutiérrez, 2017).

El valor estimado de la prevalencia para el vivero Ulises fue de 6.9 %, lo que indica que este porcentaje de la población presentó alguno de los 16 tipos de malformaciones registrados para el vivero Ulises. Así mismo, el cálculo de la intensidad nos muestra que, dentro de los individuos evaluados, se puede encontrar la presencia de 1.62 malformaciones por individuo con rangos entre 1 y 4 malformaciones / individuo.

La prevalencia estimada para el vivero El Charco fue de 5.2 %, es decir, que este porcentaje equivale a organismos que presentaron alguno de los 27 tipos de malformaciones documentadas para este vivero. Así mismo la intensidad con la que dichas anomalías se presentan es de 1.99 malformación / individuo con rangos entre 1 y 7 malformaciones / individuo. Los valores documentados para ambos viveros varían, pese a que los puntos están relativamente cerca. Esta observación es más fácil de comprender, si tomamos en cuenta que, cada hembra tiene una ruta propia, así como distintas interacciones dentro del medio, factores que pudiesen actuar como detonante u origen del problema.

Para ambos sitios, los valores de la prevalencia e intensidad son mayores a los registrados por Bárceñas y Maldonado (2009) en México, cuyo resultado es 1.8 % de prevalencia y una intensidad 1.57 malformaciones / individuos. A su vez, es notable para ambas investigaciones, el rol que juegan las zonas de conservación, como los viveros de tortuga marina, en cuanto a la obtención de datos, ya que aparte de brindar más seguridad y mayor garantía al éxito de eclosión de sus huevos, proporcionan datos en tiempo real de problemáticas, ciertas conductas, crecimiento o decrecimiento, etc., que puede haber en una determinada especie durante la nidada. En este contexto la presencia de malformaciones de forma constante dentro de una población es causa de discapacidad y mortalidad, a su vez que puede reflejar la constitución genética del embrión, así como, el ambiente materno de incubación (Cañón y Orozco, 2004); que únicamente puede ser recopilada en dichos espacios.

CONCLUSIONES

La presencia de malformaciones en neonatos de tortugas marinas puede ser considerada como una causa directa de discapacidad y en el peor de los casos de mortalidad dentro de sus poblaciones que anidan en la Reserva Natural Isla Juan Venado y su zona de amortiguamiento.

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

La letalidad que cada malformación pueda o no tener dependerá del área afectada. La mayor cantidad de malformaciones congénitas en tortugas marinas se presentaron en embriones con estadios IV, siendo más común alguna forma de albinismo (parcial o total), muchas veces asociadas a otro tipo de malformaciones.

La prevalencia y la intensidad no presentan cambios significativos entre el tipo de siembra empleada, sin embargo, los datos registrados fueron ligeramente superior a las reportadas en otros estudios similares en la región.

La presencia de malformaciones refleja la constitución genética del embrión, así como, el ambiente materno de incubación.

Los viveros son sitios muy importantes para la protección y conservación de las tortugas marinas, aportando a la investigación biológica y ecológica de las especies a

través de la toma de datos en tiempo real de problemas que se pueden encontrar en las distintas especies de tortuga marina.

El uso de estrategias de seguimiento a mediano y largo plazo constituyen herramientas importantes, en el monitoreo y seguimiento de malformaciones congénitas, para conocer el estado de salud de las poblaciones de tortugas marinas que visitan las playas de Nicaragua.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por Fabien Cousteau Ocean Learning Center (FCOLC), dentro del marco del proyecto de Protección y Conservación de Tortugas Marinas en la Reserva Natural Isla Juan Venado, bajo la coordinación de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León (UNAN-León). Especial agradecimiento a los equipos de trabajo de los viveros Ulises y El Charco por acompañar la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdo-de la Parra, M. I., Martínez-Rodríguez, I. E., González-Rodríguez, B., Rodríguez-Ibarra, L. E., Duncan, N., y Hernández, C. (2012). Efecto de la temperatura y salinidad del agua en la incubación de huevos de botete diana *Sphoeroides annulatus*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 47(1), 147–153. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572012000100014>
- Abella, E. (2010). *Factores ambientales y de manejo que afectan al desarrollo embrionario de la tortuga marina Caretta caretta. Implicaciones en programas de incubación controlada* [Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria]. AccedaCRIS. <http://hdl.handle.net/10553/63163>
- Arzola-González, J. F. (2007). Humedad y temperatura en nidos naturales y artificiales de tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Eschsholtz 1829). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 42(3), 377–383. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572007000300017>
- Bárceñas-Ibarra, A., de la Cueva, H., Rojas-Lleonart, I., Abreu-Grobois, F. A., Lozano-Guzmán, R. I., Cuevas, E. & García-Gasca, A. (2015). First approximation to congenital malformation rates in embryos and hatchlings of sea turtles. *Birth Defects Research Part A - Clinical and Molecular Teratology*, 103(3), 203–224. <https://doi.org/10.1002/bdra.23342>
- Bárceñas Ibarra, A., y Maldonado Gasca, A. (2009). Malformaciones en embriones y neonatos de tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en Nuevo Vallarta, Nayarit, México. *Veterinaria Mexico*, 40(4), 371–380. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922009000400003&lng=es&synrm=iso
- Bell, B., Spotila, J. R. & Congdon, J. (2006). High incidence of deformity in aquatic turtles in the John Heinz National Wildlife Refuge. *Environmental Pollution*, 142(3), 457–465. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.10.020>
- Bolongaro Crevenna, A., Márquez García, A. Z., Torres Rodríguez, V. y García Vicario, A. (2010). Vulnerabilidad de sitios de anidación de tortugas marinas por efectos de erosión costera en el estado de Campeche. En A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez y J.L. Rojas Galaviz (Eds.), *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático* (pp. 73–96). [https://www.anide.edu.mx/archivos/CAP4_Vulnerabilidad de sitios de anidaci_n de totugas marinas.pdf](https://www.anide.edu.mx/archivos/CAP4_Vulnerabilidad_de_sitios_de_anidaci_n_de_totugas_marinas.pdf)
- Botello, A. V., Páez-Osuna, F., Méndez-Rodríguez, L., Betancourt-Lozano, M., Álvarez-Borrego, S. y Lara-Lara, R. (2014). *Pacífico mexicano, contaminación e impacto ambiental. Diagnóstico y tendencias*. UAC, UNAM-ICMYL, CIAD-MAZATLÁN, CIBNOR, CICESE. <http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/589>
- Bugoni, L., Krause, L. & Virgíania, M. (2001). Marine Debris and Human Impacts on Sea Turtles in Southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 42(12), 1330–1334. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00147-3](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00147-3)
- Camacho Rodríguez, M. (2013). *La sangre como marcador de utilidad clínica y toxicológica: estudio de los efectos de los contaminantes persistentes en tortugas marinas* [Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria]. AccedaCRIS. <http://hdl.handle.net/10553/11285>
- Cañón, S. y Orozco, C. (2004). *Anormalidades encontradas en nidadas trasladadas de tortugas marinas Gogó* [Tesis de Licenciatura, Universidad Jorge Tadeo Lozano]. Expedido Repositorio Institucional. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/1358>
- Chacón, D., Sánchez, J., Joaquín Calvo, J. y Ash, J. (2007). *Manual para el manejo y la conservación de las tortugas marinas en Costa Rica; con énfasis en la operación de proyectos en playa y viveros*. Ministerio del Ambiente y Energía. <http://www.hsi.org/assets/pdfs/manual-turtle-conserv-in-cr.pdf>

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

- Chacón, D., Valerín, N. y Cajiao, M. (2000). *Manual para mejores prácticas de conservación de las tortugas marinas en Centroamérica*. http://www.latinamericaseaturtles.com/archivos/documentos/ManualPracticas_Conseervacion.pdf
- CIT Secretaría. (2006). *Amenazas a las tortugas marinas y posibles soluciones*. <http://www.iacseaturtle.org/docs/publicaciones/9-Amenazas-Publicacion-con-fondo-Espanol.pdf>
- CIT Secretaría. (2008). *Manual sobre técnicas de manejo y conservación de las tortugas marinas en playas de anidación de Centroamérica*. <http://www.iacseaturtle.org/docs/publicaciones/15-MANUALCIPT.pdf>
- Contreras, L. (2016). *Metales pesados en huevos de tortuga Lora (Lepidochelys kempii) y Verde (Chelonia mydas) y su relación con el éxito de eclosión* [Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana]. <https://www.uv.mx/pozarica/mmecm/files/2016/10/Tesis-BIOL.-MAR.-LAURA-ACELA-CONTRERAS-VEGA.pdf>
- Cortez Reyes, E. y González Pérez, Y. M. (2020). *Análisis del éxito de incubación de Lepidochelys olicacea y Chelonia mydas agassizii en nidos relocalizados en vivero de la Reserva Natural Isla Juan Venado* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León]. Repositorio Institucional. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/8753/1/245962.pdf>
- Dow, W. E. & Eckert, K. L. (2011). Sea turtle nesting habitat in the wider caribbean region. *Endangered Species Research*, 15(2), 129–141. <https://doi.org/10.3354/esr00375>
- Fajardo-Gutiérrez, A. (2017). Medición en epidemiología: prevalencia, incidencia, riesgo, medidas de impacto. (Measurement in epidemiology: prevalence, incidence, risk, impact measures). *Revista Alergia México*, 64(1), 109–120. <https://doi.org/10.29262/ram.v64i1.252>
- Fauna y Flora Internacional, y Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. (2004). *Estrategia Para La Conservación de las Tortugas Marinas en el Pacífico de Nicaragua*. <https://dokumen.tips/documents/estrategia-para-la-conservacion-de-las-tortugas-marinas-en-el-pacifico-de.html>
- Galvan Piña, V. H. (1991). *Estudio de la mortalidad embrionaria de Lepidochelys olivacea en nidos incubados seminaturalmente en el playon de Mismaloya, Jalisco, Mexico* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Guadalajara]. Repositorio DSPACE. <http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/2514>
- Gámez Vivaldo, S., Osorio Sarabia, D., Peñaflores Salazar, C., García Hernández, Á. y Ramírez Lezama, J. (2006). Identificación de parásitos y epibiontes de la tortuga Golfina (Lepidochelys olivacea) que arribó a playas de Michoacán y Oaxaca, México. *Vet. Mex.*, 37(4), 431–440. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=12428>
- Godfrey, M. H. & Mrosovsky, N. (1994). Comment on albino sea turtle hatchlings in Brazil. *Marine Turtle Newsletter*, 69, 10–11. <http://www.seaturtle.org/mtn/archives/mtn69/mtn69p10b.shtml>
- Hamann, M., Godfrey, M. H., Seminoff, J. A., Arthur, K., Barata, P. C. R., Bjørndal, K. A., Bolten, A. B., Broderick, A. C., Campbell, L. M., Carreras, C., Casale, P., Chaloupka, M., Chan, S. K. F., Coyne, M. S., Crowder, L. B., Diez, C. E., Dutton, P. H., Epperly, S. P., Fitz Simmons, N. N., Formia, A., Girondot, M., Hays, G. C., ... Godley, B. J. (2010). Global research priorities for sea turtles: Informing management and conservation in the 21st century. *Endangered Species Research*, 11(3), 245–269. <https://doi.org/10.3354/esr00279>
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2019a). *Boletín climático de noviembre del 2019*. [https://ineter.gob.ni/boletines/Boletín climático/decenal/2019/Noviembre/BoletinClimaticoDecenaNov2019.pdf](https://ineter.gob.ni/boletines/Boletin%20climatico/decenal/2019/Noviembre/BoletinClimaticoDecenaNov2019.pdf)
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2019b). *Boletín climático de octubre del 2019*. [https://www.ineter.gob.ni/boletines/Boletín climático/mensual/2019/BoletinClimatico102019.pdf](https://www.ineter.gob.ni/boletines/Boletin%20climatico/mensual/2019/BoletinClimatico102019.pdf)
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2019c). *Boletín climático de septiembre del 2019*. [https://www.ineter.gob.ni/boletines/Boletín climático/mensual/2019/BoletinClimatico092019.pdf](https://www.ineter.gob.ni/boletines/Boletin%20climatico/mensual/2019/BoletinClimatico092019.pdf)
- Jameson, S. C., Stevens, K., Bennett, R. C. & Cardoza, N. J. T. (2019). Nicaragua: Pacific Coast. In S. Sheppard (Ed.), *World Seas: an Environmental Evaluation* (pp. 743–757). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-805068-2.00047-4>
- Kaska, Y. & Downie, R. (1999). Embryological development of sea turtles (Chelonia mydas, Caretta caretta) in the Mediterranean. *Zoology in the Middle East*, 19(1), 55–69. <https://doi.org/10.1080/09397140.1999.10637796>
- Ley Quiñónez, C. P. (2009). *Determinación de metales pesados en tortugas marinas del noroeste de México* [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio DSPACE. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/8954/DETMET.pdf>
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. (2021). *Manual para el establecimiento y manejo de viveros de tortugas marinas en Nicaragua*. <http://www.marena.gob.ni/wp-content/uploads/2021/04/Manual-de-Viveros-de-Tortugas-Marinas.pdf>
- Martín-Del-Campo, R. & García-Gasca, A. (2019). Sea turtles: ancient creatures, mysteries, adaptations, and threats. *Research in Marine Sciences*, 4(3), 556–562. <https://resmarsci.com/wp-content/uploads/2019/09/Research-in-Marine-Sciences-12-3.pdf>
- Mazaris, A. D., Schofield, G., Gkazinou, C., Alpanidou, V. & Hays, G. C. (2017). Global sea turtle conservation successes. *Science Advances*, 3(9). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600730>

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

- Monagas Manzano, P. (2007). *Detección de compuestos organoclorados en tortugas marinas varadas en las Islas Canarias y causas de mortalidad* [Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria]. accedaCRIS. <http://hdl.handle.net/10553/1858>
- Peñalba, M., y Ríos, R. (2013). *Estudio reproductivo de Chelonia mydas, en la playa de anidación Brasilón en el Pacífico sur de Nicaragua* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León]. Repositorio Institucional. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/3267>
- Perrault, J. R. & Coppenrath, C. M. (2019). Albinism in Florida Green Turtle (*Chelonia mydas*) hatchlings: ratio-based evidence of basic Mendelian recessiveness. *Marine Turtle Newsletter*, 156, 38–40. <http://www.seaturtle.org/mtn/archives/mtn156/mtn156-11.shtml>
- Perrault, J., Wynneken, J., Thompson, L. J., Johnson, C. & Miller, D. L. (2011). Why are hatching and emergence success low? Mercury and selenium concentrations in nesting leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*) and their young in Florida. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1671–1682. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.009>
- Rojas, M. y Walker, L. (2012). Malformaciones congénitas: Aspectos generales y genéticos. *International Journal of Morphology*, 30(4), 1256–1265. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022012000400003>
- Sarti, L., Huerta, P., Vasconcelos, D., Ocampo, E., Tavera, A. y Ángeles, M. A. (2006). *Manual de Técnicas de Protección de Tortugas Marinas*. https://www.kutzari.org/_files/ugd/f59349_bf414668059245919d8e839fc702ac35.pdf

Impact analysis, risk perception and adoption of mitigation strategies among farmers in Niger state, Nigeria, Africa

Análisis de impacto, percepción del riesgo y adopción de estrategias de mitigación entre agricultores del estado de Níger, Nigeria, África

Adedayo Olufemi Adekunle¹, Rapheal Olanrewaju Babatunde², Matthew Durojaiye Ayeni³

¹ PhD. Agricultural Economics / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9940-5889> / dayo.olufemi@gmail.com

² Professor Agricultural Economics / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3438-1054> / ralphag20@yahoo.com

³ PhD. Agricultural Economics / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3321-5062> / matayeni@yahoo.com

¹²³Agricultural Economics and Farm Management Department, University of Ilorin, Nigeria

Corresponding author: dayo.olufemi@gmail.com



ABSTRACT

In this study we used a recent cross-sectional survey data in Niger state, Nigeria to examine the relationship between shock impact, risk perception and adoption of risk mitigation methods among farming households in Niger state, Nigeria. The specific objectives are to; (i) describe risks perception among the farming households; (ii) examine the determinants of future risk perception among the farmers; and (iii) describe the mitigation methods applied by the households. A frequency table was used to describe impact and future risk perception; Ordinary Least Square (OLS) regression was used to analyze the determinants of future risk perception among the farming households, and a graph was used to describe the mitigation methods applied by the households. The result showed that the majority of the respondents experienced extreme weather events with the mean of 2 times per household and experienced the highest severity. The most perceived future risks in five years were extreme weather events with a mean of 6 times per household over five years and predicted with the highest severity. OLS regression result showed that weather impact, biological impact, economic impact, socio-political impact and household head age were significant and positive determinants of future risk perception. While marital status was negatively related to future risk perception. The mitigation methods mostly employed in the area were drought-tolerant crops (63%), diversification of crop, plot and livestock (61%), buffer stock (55%), dry season irrigated rice farming (41%). The study recommends that farmers should be encouraged to diversify their sources of livelihood to boost their adaptive capacity. The government needs to invest more in the expansion of irrigation facilities to ensure all-year-round food production and to improve households' welfare.

RESUMEN

En este estudio, se utilizaron datos de una encuesta transversal reciente en el estado de Níger, Nigeria, África para examinar la relación entre el impacto de la crisis, la percepción del riesgo y la adopción de métodos de mitigación de riesgos entre los hogares agrícolas en el estado de Níger, Nigeria. Los objetivos específicos fueron: (i) describir la percepción de riesgos entre los hogares agropecuarios; (ii) examinar los determinantes de la percepción del riesgo futuro entre los agricultores; y (iii) describir los métodos de mitigación aplicados por los hogares. Se utilizó una tabla de frecuencias para describir el impacto y la percepción del riesgo futuro; Se utilizó la regresión de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) para analizar los determinantes de la percepción del riesgo futuro entre los hogares agrícolas, y se utilizó un gráfico para describir los métodos de mitigación aplicados por los hogares. El resultado mostró que la mayoría de los encuestados experimentaron eventos climáticos extremos con un promedio de dos veces por hogar y experimentaron la mayor severidad. Los riesgos futuros más percibidos en cinco años fueron eventos climáticos extremos con una media de 6 veces por hogar durante cinco años y pronosticados con la mayor gravedad. El resultado de la regresión OLS mostró que el impacto climático, el impacto biológico, el impacto económico, el impacto sociopolítico y la edad del cabeza de familia fueron determinantes significativos y positivos de la percepción del riesgo futuro. Mientras que el estado civil se relacionó negativamente con la percepción de riesgo futuro. Los métodos de mitigación más empleados en la zona fueron los cultivos tolerantes a la sequía (63 %), diversificación de cultivos, parcelas y ganado (61 %), reservas (55 %), cultivo de arroz con riego en la estación seca (41 %). El estudio recomienda que se aliente a los agricultores a diversificar

Recibido: 11 de julio del 2022
Aceptado: 10 de marzo del 2023



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

Keywords: Climate impact, risk exposure, diversification, adaptation strategies, climate event.

sus fuentes de sustento para aumentar su capacidad de adaptación. El gobierno debe invertir más en la expansión de las instalaciones de riego para garantizar la producción de alimentos durante todo el año y mejorar el bienestar de los hogares.

Palabras clave: impacto climático, exposición al riesgo, diversificación, estrategias de adaptación, evento climático.

Risks are the potentials for uncertain events to present adverse consequences on lives, livelihoods, ecosystems and species, economic, and service provisions including environmental services and infrastructure (Feed the Future, 2017). Risk is said to be an event that means some losses or damages which may occur with some likelihood. It implies the existence of some uncertainty but, unlike the latter, the term “risk” emphasizes the loss or negative side of the uncertainty. Sometimes these two terms are used differently: risk implies the knowledge of some probabilities associated with an uncertain event, while uncertainty is applied to situations during which the chances are not known (Antón, 2008). Risks in agriculture are interconnected, sometimes compounding and sometimes offsetting one another. If the prices of inputs (such as fertilizer) and outputs (such as agricultural commodities) move within an equivalent direction, as an example, the impact on net returns is reduced [Organization of Economic Cooperation and Development (OECD, 2016)].

Risks are parts of experiences of life for several farming households in poor countries (Banerjee and Duflo, 2011). These risks can transform into a selection of varied ‘impact’, which are defined as adverse events that are costly to individuals and households in terms of lost income, reduced food consumption or the sale of assets (Dercon *et al.* 2005). Risks are often divided into two types, covariate and idiosyncratic risks; a typical household in rural areas of developing countries is exposed to covariate and/or idiosyncratic risks. Thanks to the variable economic and biophysical environment, agricultural activities are subjected to kind of risks and uncertainties (Weinberger and Jütting, 2000). Ullah *et al.* (2016) identified two major kinds of risk in agriculture- the first kind is the business risk which includes production, marketing, institutional and private risks. Secondly, financial risks result from different methods of financing the farm business. Ortman *et al.* (1992) identified prices and variability in crop and livestock production to be the foremost important sources of risk. Nmadu and Dankyang (2015) presented a lack of technical know-how of improved farming technologies, livestock diseases outbreak and high cost of inputs as perceived most risky in Nigeria. According to Mathur and Singh (2005), the vulnerability of agricultural producers arises on the account of two kinds of risks that the agricultural producers face, one is the danger of loss of

production or output because of unfavoured weather and soil conditions. The other is the danger of depressed prices because of various kinds of market conditions, resulting from changes in overall supply and demand situations and export – import policies of the governments.

Given the changing structure of the agricultural industry, managing risks has become vital to the success of agricultural operations. Because, outputs are the most sources of revenue for agricultural operations, so farmers must acknowledge and manage risks. There are many strategies available to help farming households to manage risks. Which methods a farmer adopts would depend on individual farm situation, risk-bearing ability and willingness to manage risks, individual characteristics, government policies, and farmers’ skills to manage risks. Thus, understanding those methods available for managing risks can help agricultural producers to develop better production plans which may reduce those risks and increase profitability. Risk management tools are essential to enable farmers to anticipate, avoid and react to impact (OECD, 2011). The study said efficient agricultural risk management systems will preserve the standard of living of those who depend on agriculture, strengthen the viability of farm businesses, and make an environment which facilitates investment within the agricultural sector.

More than 80% of farmers in Nigeria are small holder farmers; they make significant contributions to the national products; they produce about 99% of total crops output. The small-scale farmer is the foremost producer of 98% of the food consumed in Nigeria except for wheat (Mgbenka *et al.*, 2015). Among Nigerian farmers around 88% are considered small holder family farms. They depend on various ranges of crops, livestock and fish for their livelihoods. Despite their importance to the domestic economy and the sector’s productivity limitations, quite 72% of Nigeria’s small holder farming households live below the poverty line of USD 1.9 daily [Food and Agricultural Organization (FAO, 2018)]. Agriculture was the pillar sector of the economy of Nigeria which accounted for almost 70% of the Gross Domestic Product (GDP) and about 75% of Nigeria’s export earnings before Nigeria’s independence (Udemezue, 2019). The author argued that today agricultural sector is dwindling in performance, leading to a dramatic increase in poverty incidence and severity. Constraints in agricultural production in Nigeria include high cost of labour, transportation problem, pests and diseases outbreak, inadequate storage facilities,

marketing problems, inadequate capital, poor access to credit facilities and high cost of inputs (Odoemenem and Adebisi, 2011; Girei *et al.*, 2018).

However, farming households in Nigeria face many risks that are capable of leading to production and food crises. Such risks include extreme weather risks like droughts and floods, biological risks like pests and diseases, sickness and deaths of farming household members. Others include economic risks, social risks like conflicts, theft and fire accident, loss of land, and loss of fishing equipment. All those factors are affecting their welfare especially household income and food consumption. The farming households are making efforts to manage these risks; intrinsically, the issues of poverty and food insecurity have not been fully addressed by these attempts as many folks are still in poverty and food insecure. Thus, the majority of rural Nigeria is involved in agricultural production as their main source of livelihood, they are making efforts to increase their production and improve their welfare. Repeatedly, the results of farmers' efforts within the production of livestock and crops are erased by extreme events like harsh weather, negative social-political events as well as an economic failure. With all the mitigation strategies applied many of the farm families are still living in poverty.

Impact and adoption of climate risk mitigation methods among farmers have been assessed by many available studies, but few of the studies focused on future risk perception and their determinants among farmers. Such studies include Akanbi *et al.* (2022), that assessed the risk attitude among farmers and management methods employed in Ogbomoso, Oyo State, Nigeria; Jha and Gupta (2021) examined farmers perceived climate change risks and factors that determine the adaptation decisions to cope with the risks in India. Harvey *et al.* (2014) assessed the vulnerability of smallholder farming households to agricultural risks and climate change and variability in Madagascar; Schattman *et al.* (2016) presented farmers' perceptions of climate variability risks and on-farm risk management strategies associated with them in Vermont, north-eastern United States. Völker *et al.* (2011) analysed the climate risk perception and ex ante mitigation strategies employed by rural households in Thailand and Vietnam. No studies have worked on the relationship between impact, risk perception and the adoption of mitigation methods among farming households in Nigeria.

Hence, it is vital to know the severity of impact as well as perceived risk levels in the long term and mitigation methods applied by the households; this is often a matter of policy. Understanding the impact with attendant severity, and risk level perceived and risk management strategies employed by farming households is extremely important for harnessing institutional support and providing proper and adequate resources to reinforce the households' welfare.

Households, communities, and planners will need to enact adaptive initiatives to manage various risks among the farm families.

The main objective of this paper is to assess the relationship between impact, risk perception and the adoption of mitigation methods among farming households in Niger state, Nigeria. The specific objectives are to: (i) describe risk perception among the farming households; (ii) examine the determinants of future risk perception among the farmers; and (iii) describe the mitigation methods applied by the households. We used survey data collected in 2020 from 30 villages in Niger state to examine the nexus between impact experiences, risks perception and mitigation strategies employed by farming households. This study fills the gap of previous studies by focusing on the connection between impact, risk perception and their attendant severity on farming households in Nigeria. The result of this study is useful for policy formulation by the government at all levels. It will serve also as reference material for researchers and students alike.

MATERIAL AND METHODS

Study area. The study was conducted in Niger state; it is located within the Southern Guinea Savanna zone of Nigeria. The state has a share in the three dams of the Niger-Dams Project including one at Shiroro Gorge on the Kaduna River and one at Jebba (in Kwara state), the reservoir of which lies partly in Niger state. It lies on latitude 08° to 11°30' North and longitude 03°30' to 07°40' East. The state is bordered to the south-west by Kwara state, to the north by Zamfara state, to the north-east by Kaduna state, to the west by Kebbi state, to the south by Kogi state, and to the south-east by Federal Capital Territory. The state also has an international boundary with the Benin Republic along Agwara and Borgu Local Government Areas to the north-west. The state covers an area of 76,469.90 square Kilometers, which is about 10% of the entire expanse of Nigeria out of which about 85% is arable. The 2006 population and housing census put the state's population at 3,950,249 [Niger State Bureau of Statistics (NSBS, 2012)]. The foremost predominant soil type is that of the ferruginous tropical soils which are basically derived from the basement complex rocks, also as from old sedimentary rocks. Such ferruginous tropical soils are ideal for the cultivation of grains such as sorghum, maize, millet and groundnut (Ikusemoran *et al.* 2014). Niger state experiences distinct dry and wet seasons with annual rainfall varying from 1,100mm within the southern parts to 1,600 mm within the northern parts. The utmost temperature (usually less than 34 °C) is recorded between March and June, while the minimum is typically between December and January. The rainy seasons last for about 120 days within the northern parts to about 150 days within the southern parts of the state (NSBS, 2012).

AGROSOCIOECONOMÍA

Sampling technique. A three-stage sampling technique was used to select the sample of households for this study. This study utilized the Digital Elevation Model (DEM) map (which shows a bare ground topographic surface without trees and buildings) of Niger state in Figure 1 for the selection of floods and droughts affected villages. This is because the lists of flood and drought-affected villages were not available. In the 1st stage, all the three agricultural zones in Niger state were selected and therefore the study area was stratified into two. In the 2nd stage, 15 villages were randomly selected each from a drought-affected upland area which is the 1st stratum and a floods-affected lowland area which is the 2nd stratum. Within the last stage, in each village 10 farming households were selected with a simple random technique and 300 respondents were selected for the study but 293 had adequate information fit for analysis. Primary data was used for the study; the data was collected through the questionnaire to collect information from the households. Information was collected on the socio-economic characteristics of farming households within the study area, sources of livelihood available to farming households, household total income; expenditure of farming households, household food intake data, and data on food prices were collected. With respect specifically to impact, data were collected on the frequency and estimated severity of impact and mitigation strategies.

Data analysis. Descriptive statistics which include a frequency distribution table, graph and percentages were used to analyse the socio-economic characteristics of the respondents, severity of impacts and perceived future risk level and the mitigation methods applied by the households. Ordinary least square regression (OLS) was employed to analyse the determinants of future risk perception among the farmers. Regression analysis is a statistical technique employed to relate variables. Its basic aim is to create a mathematical model to relate dependent variables to independent variables. Generally, a regression model is going to be defined as one algebraic equation (Anghelache and Sacala, 2016). The respondents were asked about the impact of weather, environmental, biological, and economic stresses on them and their livelihoods in terms of food and households' income within the past 12 months. They were also asked about their perception of the long-term impact in another five years. Their responses were taken using likert type scale ranged from 0 which indicated the impact was not severe to 3 which showed that the impact was highly severe, these were used for both impacts experienced and future risk perception. These were used to create stress impact indices for each category of stress and future risk perceived of different categories of stress, then the indices for future risk perception were used to generate risk score. The risk score was used as the outcome

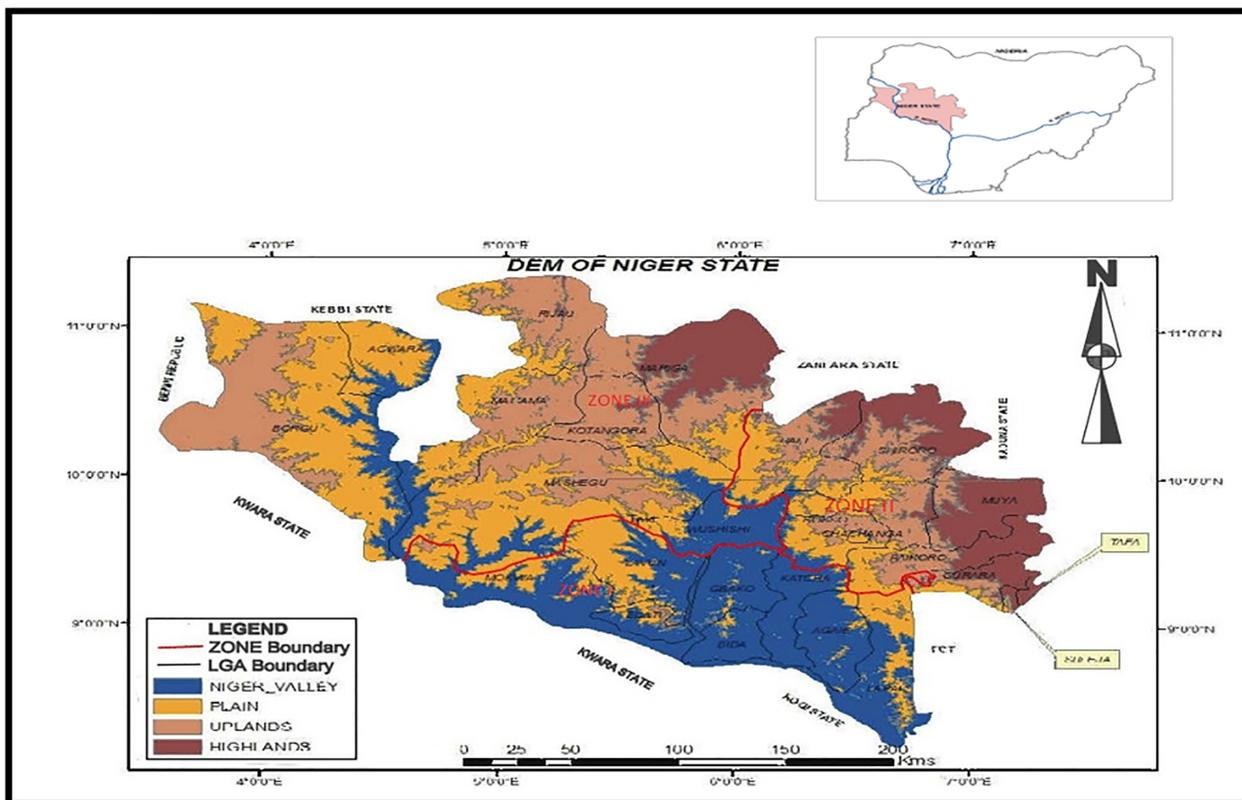


Figure 1. Digital Elevation Model (Map) of Niger State.
Source: Adekunle *et al.* (2022).

AGROSOCIOECONOMÍA

variable while vector of impact incidents, vector of household characteristics, and vector of location characteristics were the independent variables in the regression.

Following Völker *et al.* (2011); Kasie, (2017) the study estimated a household’s future risk perception using ordinary least squares (OLS) regression based on the following relationship:

$$K_i = \beta S_i + \beta H_i + \beta C_p + \varepsilon_i \quad (1)$$

Where K_i is subjective risk levels perceived by each household indexed by i ; S_i is a vector of impact incidents that a household experienced, H_i is a vector of household characteristics and C_p is a vector location characteristic, ε_i is the error term, α , β and Ω are the parameters to be estimated.

Model specification. The models used to achieve the objectives of the study are given below:

$$K_i = \delta_0 + \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3 + \alpha_4 S_4 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \beta_9 X_9 + \Omega_1 L_i + \Omega_2 D_1 + \Omega_3 D_2 + \varepsilon_i \quad (2)$$

- K_i = Subjective future risk score
- δ_0 = Constant
- S_1 = Weather impact index
- S_2 = Biological impact index
- S_3 = Economical impact index
- S_4 = Socio-political impact index
- X_1 = Household head gender (male =1; 0 otherwise)
- X_2 = Education (years)
- X_3 = Household size (number of members)
- X_4 = Household head age (years)
- X_5 = Farm size (ha)
- X_6 = Extension contacts
- X_7 = Farming experience (years)
- X_8 = Marital status (married =1; 0 otherwise)
- X_9 = Marital status (married =1; 0 otherwise)
- L_i = Livelihood area (lowland = 1; 0 otherwise)
- D_1 = Distance to district capital (km)
- D_2 = Distance to health facilities (km)
- ε_i = Error term.
- B = The parameters to be estimated for household characteristics
- Ω = Parameters to be estimated for location characteristics
- α = Parameters to be estimated for impact

RESULTS AND DISCUSSION

This section presents the socio-economic attributes of the farming households in the study area. The characteristics examined include sex, age, household size and educational status of the household members. These are presented in Table 1.

Table 1. Summary statistic

Variable	Description	Mean	Std. dev
Age (years)	Age of the household head	41.41	11.313
Education	Years of the education completed by the household head	7.42	6.207
Sex	This is the gender of the household head male = 1, 0 otherwise	0.915	0.280
Marital status	The marital status of the household head, they are divided into single and married.	0.83	0.377
Household size	The number of household members	7.12	3.419
Average household education	The total household education completed by the member of the household divided by household size.	5.00	5.05
Farm size (Ha)	Total size of all the plots of land operated by farming household.	3.44	1.654
Credit obtained (₺)	The amount of credit in cash a farming household was able to access in the last 12 months	6 559.73	18 076.53
Group membership	This is to indicate social capital endowment and the level of participation of household members in social activities.	0.55	0.499
Cash transfer (₺)	This is amount of money a household received as part of the social safety net in the study area.	7 047.78	17 440.83
Lowland livelihood	This is the location of the farming households that are living and operating their farms within 2 kilometers of the bank of Rivers Niger and Gurara.	0.51	0.501
Farming experience	This is number of years the farming household heads have spent in operating farms.	21.88	11.340
Farm income	This is the estimated amount of money earned by farming households within 12 months.	433 270.3	60 4188.2
Dry season farm size (Ha)	This is the total size of farm land allocated to irrigation during dry season in the past 12 months.	0.76	1.059
Extension contacts	This is the number of days which the farming households had meetings with the extension agents	6.00	5.48

The stress impact and perceived future risk levels. Table 2 presents existing impact severity as well as perceived risk levels in the future in the study area. Weather impact were reported with the highest frequency and the highest severity experienced by households, with drought ranked the highest both in frequency and severity. This shows that an average household experienced weather impact at least twice. In terms of frequency and severity of loss of land and fishing equipment, fire accidents, theft and fishing failure generally played a minor role in the study area.

The result also shows the household’s perception of future risk levels using five years period from the time of the survey. There are differences between the households’ impact before the time of the survey and their perception of risk levels in the future. It appears the farm families were pessimistic about the incidence of impact in a future reference period of 5 years. Weather impact were expected to reoccur at least every year with almost the same level of severity. Contrary to weather impact, the farming households appear optimistic about the severity of other impact on their welfare; the result shows that the severity of these impact would be reduced in the future. They were optimistic that impact like fire accidents and death will not occur in the next five years.

AGROSOCIOECONOMÍA

Table 2. Mean and standard deviation of shocks impact and perceived risk levels by impact category

Event	Past shock experience				Future risk perception			
	Frequency		Severity		Frequency		Severity	
	Mean	S dev	Mean	S dev	Mean	S dev	Mean	S dev
Weather impact	2.19	1.05	3.00	1.67	6.25	3.00	3.00	1.81
Droughts	1.23	0.60	2.00	1.03	3.69	1.82	1.90	1.08
Floods	0.82	0.86	1.53	1.44	2.35	2.55	1.24	1.30
Storms	0.14	0.52	0.22	0.68	0.21	0.76	0.21	0.65
Biological impact	1.10	0.86	2.39	1.94	2.36	2.21	2.12	1.92
Crop pest/disease	0.55	0.54	1.10	1.21	1.86	2.01	1.04	1.24
Animal disease	0.08	0.34	0.10	0.37	0.11	0.55	0.10	0.46
Grave sickness	0.40	0.55	1.01	1.35	0.36	0.70	0.89	1.25
Death	0.04	0.19	0.11	0.57	0	0	0.04	0.35
Crop damage	0.03	0.17	0.07	0.39	0.02	0.20	0.05	0.31
Economic impact	1.02	0.79	2.14	1.65	1.86	1.95	1.85	1.74
Price deflation	0.60	0.50	1.59	1.38	1.16	1.34	1.28	1.28
Inflation of price	0.21	0.42	0.31	0.69	0.28	0.67	0.33	0.82
Increased food price	0.15	0.41	0.15	0.41	0.35	1.00	0.13	0.44
Fishing failure	0.03	0.19	0.06	0.34	0.07	0.45	0.06	0.38
Loan defaulting	0.03	0.16	0.06	0.36	0.003	0.06	0.04	0.30
Social impact	0.28	0.56	0.53	1.06	1.13	0.49	0.43	0.92
Conflict/Violence	0.03	0.16	0.07	0.43	0.03	0.31	0.06	0.37
Grazing on farms	0.20	0.48	0.33	0.80	0.10	0.37	0.28	0.70
Fire accident	0.01	0.10	0.02	0.18	0	0	0.02	0.19
Theft	0.05	0.21	0.11	0.52	0.01	0.12	0.09	0.44
Others	0.03	0.19	0.06	0.37	0.03	0.32	0.05	0.31
Loss of land	0.02	0.16	0.04	0.30	0.003	0.06	0.03	0.26
Loss of fishing equipment	0.01	0.10	0.03	0.27	0.03	0.32	0.02	0.18

Determinants of the future risk perception. The factors that determined the perception of future risk are presented in this section; OLS regression result with the risk score as the dependent variable is presented, this represents the risk perception as a subjective assessment of future impact frequency and severity.

The semi-log regression function was chosen from the three functions- linear, semi-log and double-log functions as the lead equation. It was based on the significance of the individual variables as expressed by their t-values. The appropriateness of the signs of the regression coefficient is based on the a priori expectation; the magnitude of the coefficient of multiple determinations and the significance of overall function as judged by the f-value. The F-value and R² indicate that the independent variables are jointly significant and that the model has reasonable goodness of fit. The model was tested for the problem of endogenous, heteroscedasticity and multicollinearity between explanatory variables and such problems could not be detected.

From Table 3 the household-specific characteristics hypothesized to affect future risk perception, marital status and the age of the household head were found to be significant. The marital status of the respondent was found to be negatively significant at 10% level of significance; it implies that the married household head was more likely to evaluate a higher level of future risk than the unmarried respondents. This is mainly because the married household heads have

more people to feed and exert more pressure on household resources; the small magnitude of impacts may affect them more than their counterparts the unmarried household heads. The age of the household head was positively significant which means the older farmers are more likely to evaluate a higher level of future risk than the younger ones. This is mainly because older respondents have longer-term impact and have a better awareness of the trend of the risk trend than the younger farmers.

Furthermore, magnitudes of past impact experiences were found to be significantly and positively correlated with perceived future risk levels. Weather impact were positively significant at 10% level of significance; it implies that households with high degrees of weather impact in the past were likely to evaluate the future risk level higher. Biological and economic impact were positive and significant at 1% level of significance; this indicates that households with high degrees of biological and economic impact exposure in the past were likely to be pessimistic about the future occurrences of these events with an evaluation of higher levels of future risk. Socio-political impact had a positive correlation and were significant at 5% level of significance; this shows that households with high degrees of socio-political impact were likely to evaluate the future risk level higher.

However, none of the respondents' location characteristics was significant but they were positively correlated with the future risk level perception. These imply

AGROSOCIOECONOMÍA

that respondents living in the river valley (lowland) areas were likely to evaluate a higher level of future risk than the farmers living in the upland. This is because they experienced flood disasters in the area which was less occurred and of lesser impacts on the upland. The respondents who were living far from the district capital and health facilities were likely to evaluate a higher level of future risk than the farmers living in the district capital and close to health facilities. This is because the farmers in the remote villages lacked access to information on how to respond to these risk events and because of their distance to health facilities, injury and sickness may impact severely their food and income than the farmers in the district facilities. The result indicates the farming households were generally pessimistic about the occurrence of the future impact.

Employed ex-ante risk management strategies. Figure 2 shows the major mitigation strategies applied by the households; it was observed that many households applied

Table 3. Regression result of the determinants of the future risk perception

Risk score	Coefficient	Standard error
Weather impact	0.3406454*	(0.1849736)
Biological impact	0.5388339***	(0.0829872)
Economic impact	0.5340087***	(0.0886555)
Socio-political impact	0.2767971**	(0.1405545)
Household head gender (male = 1)	0.2681181	(0.19756)
Marital status (married = 1)	-0.3192879*	(0.1824225)
Household head age (years)	1.641026*	(0.3854724)
Household head education (years)	-0.0128534	(0.0360268)
Household size	0.1048393	(0.1192803)
Farming experience (years)	-0.2254333	(0.1680503)
Extension contacts (number of visit)	0.0306522	(0.0351502)
Total farm size (ha)	0.1025181	(0.0808201)
Livelihood area (lowland = 1)	0.1296822	(0.0946088)
Distance to district capital (km)	0.0048884	(0.0035852)
Distance to health facilities (km)	0.0030627	(0.0045637)
Constant	-5.418574***	(1.046992)
F-value = 33.88***		
R-squared = 0.5841		
Root MSE = 0.54797		
Number of observations = 293		

Robust standard errors in parentheses *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.

more than one strategy. Over 62% of the farmers applied drought-tolerant crops while 61% of the farmers reported the adoption of diversification of crop, plot and livestock. More than 40% of the farmers adopted dry season farming to mitigate the impacts of climate and other impact. About 23% said to be doing nothing to mitigate the impact of climate impacts in the study area. It was observed that the application of some of the ex-ante coping strategies was determined by the recourses available to the farming households in the study area.

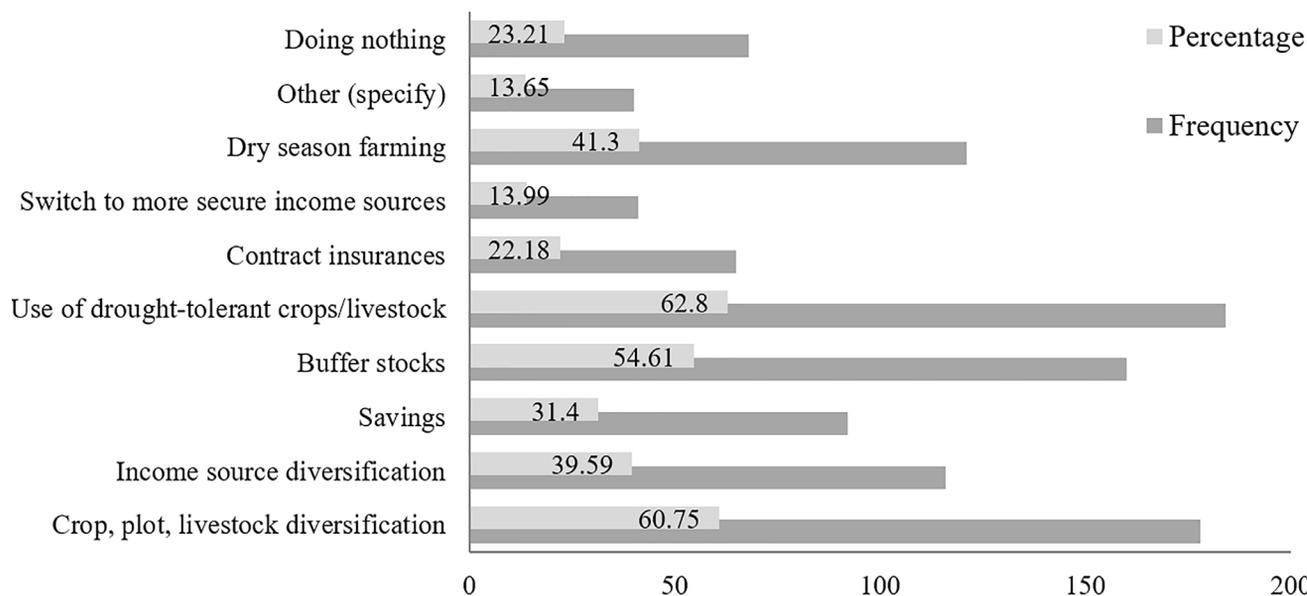


Figure 2. Risk management strategy employed by farming households.

CONCLUSION

In this study, we have examined the connection between impact, risk perception and adoption of mitigation methods among farming households in Nigeria using cross-sectional survey data collected in 2020. In this study, we used a frequency table to describe impact and future risk perception as well as the mitigation methods applied among the farming households; we also used OLS regression to examine the determinants of future risk perception among the farmers.

The result of the study has shown that the most prevailing impact event was extreme weather events and had the highest severity. It is followed by biological impact and the least experienced impact events were loss of land and loss of fishing equipment. The household's perception of future risk levels using five years period from the time of the survey showed that extreme weather events had the highest experiences with the highest severity. The determining factors of the future risk perception of households include; marital status and the age of the household heads, weather impact, biological impact, economic impact and socio-political

impact. The most common employed mitigation strategies include drought-tolerant crops, diversification of crop, plot and livestock, buffer stock, dry seasons irrigated rice farming, income diversification, saving, and contracting of health insurance.

However, according to the findings of this study, the following recommendations are outlined to address the effects of impacts and the projected risk occurrences to improve the welfare of farming households. Since agriculture is the main source of rural livelihood, an improvement in farmers' welfare would be an increase in agricultural production and the main aim should be to improve productivity. Farmers need to be encouraged to diversify their sources of livelihood to boost their adaptive capacity. The promotion of agricultural policies with proper input prices and input supply needs to be revisited so that farmers can take advantage of these to increase food production. Governments need to invest more in the expansion of irrigation systems. All these are to ensure all-year-round food production and to improve households' welfare.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Adekunle, A. O., Babatunde, R. O., Fakayode, S. B., & Bolaji, M. (2022). Cost-effectiveness of agriculture risk management strategies for resilience to climate shocks in Niger State, Nigeria. *Peruvian Journal of Agronomy*, 6(3), 200-209. <https://doi.org/10.21704/pja.v6i3.1966>
- Akanbi, S. O., Adekunle, A. O., Mukaila, R., & Isola, A. J. (2022). Assessment of crop farmers' attitude to risk and management methods in Oyo State, Nigeria. *Journal Western Balkan Journal of Agricultural Economics and Rural Development*, 4(1), 37-47. <https://doi.org/10.5937/WBJAE22010370>
- Anghelache, C., & Sacala, C. (2016). Multiple linear regression used to analyse the correlation between GDP and some variables. *Romanian Statistical Review*, 9, 94-99.
- Antón, J. (2008). *Agricultural policies and risk management: A holistic approach*. EAAE. <https://core.ac.uk/download/pdf/6239047.pdf>
- Banerjee, A., & Duflo, E. (2011). *Poor Economics*. Public Affairs.
- Dercon, S., Hoddinott, J., & Woldehanna, T. (2005). Consumption and shocks in 15 Ethiopian villages, 1999–2004. *Journal of African Economies*, 14, 559 – 585.
- Feed the Future. (2017). *Global food security strategy technical guidance objective 2: Strengthened resilience among people and systems*. https://cg-281711fb-71ea-422c-b02c-ef79f539e9d2.s3.us-gov-west-1.amazonaws.com/uploads/2018/03/GFSS_TechnicalGuidance_Resilience.pdf
- Food and Agricultural Organization. (2018). *Small family farms country factsheet*. <https://www.fao.org/3/I8356EN/i8356en.pdf>
- Girei, A. A., Saingbe, N. D., Ohen, S. B., & Umar, K. O. (2018). Economics of small-scale maize production in Toto local government area, Nasarawa State, Nigeria. *Agrosearch*, 18(1), 90 – 104. <https://doi.org/10.4314/agrosh.v18i1.8>
- Harvey, C. A., Rakotobe, Z. L., Rao, N. S., Dave, R., Razafimahatratra, H., Rabarijohn, R. H., Rajaofara, H., & MacKinnon, J. L. (2014). Extreme Vulnerability of Smallholder Farmers to Agricultural Risks and Climate Change in Madagascar. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 369(1639). <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0089>
- Ikusemoran, M., Kolawole, M. S., & Adegoke, K. M. (2014). Terrain analysis for flood disaster vulnerability assessment: a case study of Niger State, Nigeria. *American Journal of Geographic Information System*, 3(3), 122-134.
- Jha, C. K., & Gupta, V. (2021). Farmer's Perception and Factors Determining the Adaptation Decisions to Cope with Climate Change: An Evidence from Rural India. *Environmental and Sustainability Indicators*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100112>
- Kasie, T. A. (2017). *Household resilience to food insecurity: Shock exposure, livelihood strategies and risk response options: the case of Tach-gayint district, Amhara region, Ethiopia*. [Doctoral Thesis, University of Jaume I]. TDX (Tesis Doctorals en Xarxa). <https://doi.org/10.6035/14115.2017.446299>
- Mathur, V. C., & Singh, N. P. (2005). Management of risks in agriculture: a synthesis. *Agricultural Economics Research Review*, 18, 149-155. <https://core.ac.uk/download/pdf/6689671.pdf>

AGROSOCIOECONOMÍA

- Mgbenka, R. N., Mbah, E. N., & Ezeano, C. I. (2015). A review of small holder farming in nigeria: need for transformation. *Agricultural Engineering Research Journal*, 5(2), 19-26. [https://www.idosi.org/aerj/5\(2\)15/1.pdf](https://www.idosi.org/aerj/5(2)15/1.pdf)
- Niger State Bureau of Statistics. (2012). *Facts and figures about Niger State. Printed under the auspices of Nigeria Statistical Development Project (NSDP)*.
- Nmadu, J. N., & Dankyang, Y. (2015). *Sources of risk and management strategies among small scale farmers in Kaduna State, Nigeria*. International Interdisciplinary Business.
- Odoemenem, I. U., & Adebisi, V. (2011). Sustainable agriculture for small scale farmers in Niger State, Nigeria. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 13(2), 225-235.
- Organization of Economic Cooperation and Development. (2016). *Agricultural Risk Management: A holistic approach*. OECD.
- Ortmann, G. F., Patrick, G. F., & Musser, W. N. (1992). Sources and management of risk: evidence from leading cornbelt farmers in the USA. *Agrekon*, 31(4), 216–221. <https://doi.org/10.1080/03031853.1992.9524690>
- Schattman, R. E., Conner, D., & Méndez, V. E. (2016). Farmer perceptions of climate change risk and associated on-farm management strategies in Vermont, North-Eastern United States. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 4, 1-14. <https://doi.org/10.12952/journal.elementa.000131>
- Udemezue, J. C. (2019). Challenges and opportunities of agricultural sector among youths in the twenty first century: the case of Nigeria. *Adv Biotechnol Microbiol.*, 14(5), 132-140. <https://juniperpublishers.com/aibm/pdf/AIBM.MS.ID.555896.pdf>
- Ullah, R., Shivakoti, G. P., Zulfiqar, F., & Kamran, M. A. (2016). Farm risks and uncertainties: Sources, impacts and management. *Outlook on Agriculture*, 45(3), 199–205.
- Völker, M., Tongruksawattana, S., Hardeweg, B., & Waibel, H. (2011). *Climate risk perception and ex-ante mitigation strategies of rural households in Thailand and Vietnam*. <https://www.researchgate.net/publication/254459408>
- Weinberger, K., & Jütting, J. (2000). The role of local organizations in risk management: Some evidence from rural Chad. *Quarterly Journal of International Agriculture*, 39(3), 281- 298.

DESARROLLO RURAL

Cambio climático y vulnerabilidad de los medios de vida de familias rurales en tres municipios de Madriz, Nicaragua, 2010-2022

Climate change and vulnerability of the livelihoods of rural families in three municipalities of Madriz, Nicaragua, 2010-2022

Lesly Josué Buezo Cáceres¹, Jairo Emilio Rojas Meza²

¹ Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6689-8309/buezolesly@yahoo.es>

² Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN Managua/FAREM Matagalpa, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1980-1599/Jairo.rojas@unan.edu.ni>



RESUMEN

La investigación tuvo la finalidad de analizar la vulnerabilidad y capacidad adaptativa de los medios de vida de familias rurales ante el cambio climático de tres municipios del departamento de Madriz (Totogalpa, Palacagüina y Telpaneca) ubicados en el corredor seco del país. Se tomó como referencia teórica principal la valoración sobre impacto, vulnerabilidad y capacidad adaptativa ante el cambio climático del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático del año 2007. La metodología utilizada fue mixta, cuantitativa y cualitativa, utilizando como instrumento principal la encuesta las cuales fueron aplicadas a familias rurales, además de grupo focal, entrevistas a actores territoriales y estudio de caso. Las variables evaluadas fueron índice de exposición, índice de sensibilidad e índice de capacidad adaptativa, desglosados en 62 indicadores. Se realizó un análisis de varianza para determinar diferencias estadísticas entre los indicadores y estadística descriptiva para determinar el grado de vulnerabilidad. Los resultados muestran que, los territorios se diferencian estadísticamente en 80 % de los indicadores. Además, la vulnerabilidad promedio ante el cambio climático es de \bar{x} 63.19 para Totogalpa, \bar{x} 62.94 para Palacagüina y \bar{x} 66.05 para Telpaneca, siendo este último territorio, el que posee el mayor segmento de población (86.44 %) en un grado de vulnerabilidad alta (61-80). La falta de agua es la principal problemática que afecta a la mayoría de las familias en los tres municipios (98.29 %).

Palabras clave: índice de exposición, índice de sensibilidad, índice de capacidad adaptativa, medios de vida.

ABSTRACT

The purpose of the research was to analyze the vulnerability and adaptive capacity of the livelihoods of rural families in the face of climate change in three municipalities of the department of Madriz (Totogalpa, Palacagüina and Telpaneca) located in the dry corridor of the country. The assessment of the impact, vulnerability and adaptive capacity to climate change of the Intergovernmental Panel on Climate Change in 2007 was taken as the main theoretical reference. The methodology used was mixed, quantitative and qualitative, using the survey as the main instrument and applied to rural families, in addition to a focus group, interviews with territorial actors and a case study. The variables evaluated were exposure index, sensitivity index and adaptive capacity index, broken down into 62 indicators. A variance analysis was performed to determine statistical differences between the indicators and descriptive statistics to determine the degree of vulnerability. The results show that the territories differ statistically in 80% of the indicators. In addition, the average vulnerability to climate change is \bar{x} 63.19 for Totogalpa, \bar{x} 62.94 for Palacagüina and \bar{x} 66.05 for Telpaneca, the latter territory being the one with the largest population segment (86.44%) in a high degree of vulnerability (61-80). The lack of water is the main problem that affects the majority of families in the three municipalities (98.29%).

Keywords: Exposure index, sensitivity index, adaptive capacity index, livelihoods.

Recibido: 16 de enero del 2023
Aceptado: 2 de mayo del 2023



Copyright 2023. Universidad Nacional Agraria (UNA).

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

DESARROLLO RURAL

El fenómeno del cambio climático está afectando de manera directa a familias de las zonas rurales, especialmente porque es en estas zonas donde se resienten sus efectos debido a la falta de recursos (Díaz-Cordero, 2012, p. 230) y alta dependencia de los sistemas productivos a las condiciones climáticas, que muestran cada vez mayor variabilidad. En Nicaragua, las zonas secas son especialmente vulnerables, porque el fenómeno está afectando de manera directa la disponibilidad del agua; problema que puede acrecentarse si se combina con otros elementos como la degradación ambiental. Es así, que se espera que en Nicaragua la disponibilidad del agua disminuya entre 36 % y 64 % en el mediano plazo; esto puede generar incertidumbre y problemas en los sistemas productivos; así lo indica la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, 2017, p. 1).

En el caso del departamento de Madriz, Nicaragua, ubicado en el corredor seco, está expuesto al fenómeno del cambio climático debido a su posición geográfica y se torna vulnerable por el nivel de pobreza. “Cuenta con una población total de 170 447 habitantes, de los cuales, 113 666 están en la zona rural, según el Instituto Nacional de Información de Desarrollo” (INIDE, 2019, p. 52), posee una extensión territorial de 1 708.23 km²; la zona en su mayor parte se clasifica como “Clima Seco y Árido BS1 de acuerdo con clasificación climática de Köppen, con precipitación media anual entre 650 mm y 800 mm, caracterizada por una estación seca muy severa y temperatura media anual entre 23 °C y 27 °C” [Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2018, p. 8)].

Consecuentemente, los municipios considerados en este estudio (Totogalpa, Palacagüina y Telpaneca), están expuestos principalmente a la sequía (INETER, 2018). Aunque para la zona de Telpaneca, esta tiene parte de su territorio en la zona de amortiguamiento de la reserva natural Cerro El Majaste, área con condiciones semi-húmedas, sin embargo, la mayor parte de dicho municipio se ubica en zona seca.

“La vulnerabilidad es evaluada a partir de la consideración de la exposición de los sistemas a los fenómenos climáticos, la sensibilidad a esas condiciones riesgosas y su capacidad para afrontar los impactos que los afectan” (Mussetta *et al.*, 2017, p. 119). De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007, pp. 778-810), “la vulnerabilidad aumenta cuando disminuye la capacidad adaptativa de un sistema” Por lo antes expuesto se planteó evaluar la vulnerabilidad entre los tres territorios frente al cambio climático, además de las diferencias en cuanto a indicadores específicos relacionados a los medios de vida de sus capitales; esto significa que pueden existir mayores brechas entre zonas aparentemente similares y que en el futuro pueden perder su aptitud productiva-agroecológica para ciertos cultivos (Bouroncle *et al.*, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio, universo y muestra. Esta investigación se realizó en Totogalpa, Palacagüina y Telpaneca, municipios del departamento de Madriz, en la zona central norte de Nicaragua. Se consideró un universo de 655 familias de la zona rural afiliadas a la Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos de Madriz (UNAG Madriz) y se utilizó muestreo probabilístico estratificado propuesto por Galindo y Ángeles (1996), resultando una muestra de 176 (59 en Totogalpa, 55 en Palacagüina y 62 en Telpaneca), con intervalo de selección de cuatro familias por estrato, quienes fueron seleccionadas y encuestadas de acuerdo al estado activo organizativo en UNAG Madriz, ubicación en la zona rural y disponibilidad de brindar información.

El estudio se enmarca en el paradigma sociocrítico (Morales, 2003), fue de tipo naturalista no experimental, observacional, de corte descriptivo y transversal (Hernández *et al.*, 2014) y de método mixto, cuanti-cualitativo.

Metodología para cálculo de vulnerabilidad (variables e indicadores). Los indicadores seleccionados fueron 62, los que se desagregaron en índice de exposición (16), índice de sensibilidad (13) e índice de capacidad adaptativa (33), detallados a continuación:

Índice de exposición (IE)

•**Frecuencia de eventos extremos.** Sequía, inundaciones, caída de granizo, deslizamientos de tierra, lluvias intensas y huracanes.

•**Problemática ambiental.** Despale en la zona, amenaza de incendios, incidencia de enfermedades en rubro principal, incidencia de enfermedades en otros rubros, contaminación del agua, pérdidas en producción por cambio climático y pérdidas de producción por falta de fertilidad en suelos.

•**Variabilidad extrema del clima en los últimos 10 años.** Aumento de la temperatura, disminución de las lluvias e incidencia de huracanes.

Índice de sensibilidad (IS)

•**Población y salud.** Desintegración del núcleo familiar, escasez de alimentos en período crítico, nivel de dedicación solamente para producción de alimentos, nivel de dedicación a actividades de generación de ingresos, acceso a servicios básicos de salud e incidencia de la pandemia del SARS COV-2 en la familia.

•**Agrícola/pecuario.** Probabilidad de bajos rendimientos en rubro principal, en otros rubros, de no realizar buena fertilización en cultivos, dificultad para desarrollar sistemas agroforestales, la ganadería en la finca, los sistemas silvopastoriles y el crecimiento de especies forestales.

DESARROLLO RURAL

Índice de capacidad adaptativa (ICA)

- **Capital humano.** Nivel de alfabetización, acceso a la educación de la familia, asistencia técnica para su rubro principal y nivel de conocimientos de los rubros que trabaja.
- **Capital social.** Nivel de participación en la organización que pertenece, de ayuda para comercializar productos de la organización, nivel de oportunidades de participar en proyectos de la organización, de organización en entidades religiosas, nivel conocimiento de organizaciones que apoyan en legalización de propiedad, de unidades de protección civil de riesgo ante eventos naturales, de organizaciones que brindan asistencia técnica, de apoyo gubernamental para el desarrollo productivo de su finca o parcela y participación en organizaciones comunitarias.
- **Capital financiero/económico.** Valoración del apoyo de proyectos en su rubro principal, acceso a créditos, a remesas, capacidad de inversión propia para su rubro principal, acceso a mercados locales/nacionales, mercados de exportación y nivel de diversificación de ingresos.
- **Capital natural.** Recarga hídrica en la finca, nivel diversificación productiva de la finca y percepción de la fertilidad natural de los suelos.
- **Capital tecnológico/físico.** Acceso a material genético de mayor productividad, a manuales productivos de rubro principal, a tecnologías (acceso y escasez de agua) y acceso vial.
- **Capital institucional.** Nivel de conocimiento en instituciones públicas que apoyan la producción de su rubro principal, de instituciones privadas que apoyan la producción de su rubro principal, del marco jurídico para aprovechar los recursos de la finca, del registro de plantaciones forestales, del marco general de regulación de agroquímicos y de pago por servicios ambientales.

Cálculo de la vulnerabilidad y capacidad adaptativa.

Se calculó y clasificó la vulnerabilidad promedio (\bar{x}) ante el cambio climático en cinco grupos: muy baja (0-20), baja (21-40), media (41-60), alta (61-80), muy alta (81-100). La vulnerabilidad (V) final se calcula sumando el índice de exposición (IE) con el índice de sensibilidad (IS) y luego restando el índice de capacidad adaptativa (ICA) $V = (IE + IS) - ICA$, según IPCC (2007), Monterroso *et al.* (2012), Baca *et al.* (2014) y Schilling *et al.* (2020).

Registro y análisis de datos. Se utilizó la encuesta como instrumento principal con valoración de escalas muy baja (1), baja (2), media (3), alta (4) y muy alta (5) para todos los indicadores, previa validación con expertos externos y personal técnico de proyectos. Además, se realizaron pruebas piloto con técnicos y se aplicó prueba estadística de Alpha de Cronbach para validación del instrumento (Standardized alpha = 0.8753) con el programa estadístico R.

El registro de información se realizó con la plataforma digital online Kobo toolbox (Kobotoolbox, 2022). Posteriormente se usó la aplicación kobo collect para Android para recolectar la información en campo con la respectiva ubicación mediante GPS (sistema de posicionamiento global). Se realizó análisis descriptivo de cada zona en general y análisis estadístico con pruebas de ANOVA (análisis de varianza) para estimar diferencias estadísticas en los territorios por cada indicador mediante R estadístico.

Triangulación de la información, consideraciones éticas y validez de la investigación.

Se realizaron cuatro entrevistas a actores territoriales y expertos externos y un estudio de caso de un productor con alto nivel de capacidad adaptativa, para conocer experiencias exitosas replicables. También se realizó un grupo focal para validar y devolver los resultados. A cada persona considerada en el estudio, se le dio a conocer el nombre, los objetivos y la importancia del estudio para su territorio mediante consentimiento informado oral para participar o no como encuestado.

Se aplicó prueba estadística de Alpha de Cronbach para la validación del instrumento (Standardized alpha = 0.8753) (Cronbach, 1951) con el programa estadístico R. Además, cada encuesta representa un punto de ubicación mediante GPS propio de la plataforma digital *kobo toolbox* (Kobotoolbox, 2022), el cual puede ser auditado y verificado en campo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de exposición (IE)

Eventos extremos. Los municipios presentan diferencias estadísticas (p -valor, significativo en el nivel del 0.05 de probabilidad) en su nivel de afectación por inundación ($p < 0.00257$), donde Totogalpa es el más afectado. Para el caso de deslizamientos de tierra ($p < 0.0000662$), lluvias intensas ($p < 0.000000019$) e incidencia de huracanes (0.0000464), Telpaneca es el territorio que presenta la mayor afectación. Esto se explica porque “en esta zona, la pendiente es mayor en comparación a los demás municipios” (Pineda *et al.*, 2016, p. 190), esto asociado a los problemas generados a partir de los huracanes IOTA y ETA en el 2020, que causaron daños y estragos, especialmente en la agricultura. Por su parte Vergara *et al.* (2011, p 48), refieren que el nivel de daño influye en la percepción de afectación de los medios de vida de las familias; “lo que podría ser mayor en un futuro cercano cuando aumente la variabilidad climática y la recurrencia de fenómenos extremos” (IPCC, 2021, p. 2). Además la incidencia de granizo ($p < 1.48e-15$), es similar en Totogalpa y Palacagüina; aunque sigue estando en nivel bajo para los dos territorios (\bar{x} 40); fenómeno que se presenta ocasionalmente a inicios del invierno en Nicaragua, pero con muy baja intensidad. Sin embargo, en lo que se refiere a sequía ($p < 0.198$), los

DESARROLLO RURAL

territorios son similares; Madriz es especialmente propenso a este fenómeno por encontrarse en el corredor seco del país.

Problemática ambiental. Los municipios se diferencian estadísticamente en gran parte de los indicadores: despale ($p < 0.00000394$), enfermedades del rubro principal (< 0.00678), enfermedades en otros rubros ($p < 0.00000064$), contaminación del agua ($p < 0.00000046$) y pérdidas por cambio climático ($p < 0.0425$). En este caso, el territorio de Telpaneca, presenta exposición alta a la incidencia del despale (\bar{x} 64.4) y a la contaminación del agua (\bar{x} 65.4); para el primer caso se puede argumentar que dicha zona tiene parte de su territorio en el área de amortiguamiento de la reserva natural Cerro Majaste, lo que puede percibirse en mayor magnitud por la presencia de mayor cantidad de bosques naturales.

También, las valoraciones sobre pérdidas de cosecha relacionadas al cambio climático son altas en los tres municipios: \bar{x} 78 para Totogalpa, \bar{x} 83.6 en Palacagüina y \bar{x} 78.8 en Telpaneca, especialmente por falta de agua para los cultivos en época de producción. El 78.4 % de las familias tienen como rubro principal la producción de granos básicos (frijol y maíz), según datos del presente estudio, y por ende “dicha actividad es la base productiva-alimentaria y de ingresos de la mayoría de la población rural” (López-González, 2017, p. 1). Sin embargo, no es un rubro atractivo en términos económicos y por ende de poco interés en términos crediticios, lo que aumenta la vulnerabilidad de las familias que se dedican únicamente a esta actividad, sobre todo, porque “en el futuro se esperan mayores pérdidas relacionadas al cambio climático y mayor inseguridad alimentaria” (USAID, 2017, p. 1)

En lo referente a incendios ($p < 0.357$) y pérdidas por baja fertilidad de suelos ($p < 0.259$), los municipios no se diferencian de manera estadística. Para el primer caso, la exposición promedio se sitúa en un nivel alto (\bar{x} 64.07), lo que indica que este aspecto representa un problema recurrente sobre todo en época seca; esto aunado al aumento de las temperaturas por el cambio climático. En el segundo caso, los suelos de la zona Centro Norte presentan una fertilidad media, derivada de una buena disponibilidad de nutrientes y materia orgánica según el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2020), sin embargo, las condiciones de sequía no permiten aprovechar dichas condiciones, por lo que puede percibirse baja fertilidad.

Variabilidad extrema del clima. En la percepción del aumento de la temperatura, los tres territorios no presentan diferencias estadísticas ($p < 0.203$), esto podría deberse a similares condiciones agroclimáticas en las tres zonas; INETER (2018, p. 125), sugiere “que es posible un aumento de 3 °C para el año 2100, con aumentos paulatinos y mayor variabilidad”. Por su parte, Centro Clima (2022), también proponen que, el aumento medio para Nicaragua estaría entre 0.8 °C y 1.6 °C

para el mismo período. Es de notar que, en cuanto al promedio de exposición para dicho indicador, el valor es alto (\bar{x} 78.33), lo que indica que en los tres municipios el problema afecta de manera uniforme y por ende, esto “podría repercutir en la pérdida de aptitud productiva para algunos cultivos a corto plazo” (Bouroncle *et al.*, 2014, p. 8).

Respecto a la disminución de las lluvias y la incidencia de huracanes, se registran diferencias estadísticas en los territorios ($p < 0.0265$ y $p < 0.0000464$, respectivamente), sin embargo, el promedio del nivel de afectación es alto para los tres municipios (\bar{x} 77.47), siendo Palacagüina, la zona que más resiente dicha problemática; INETER (2018, p. 128) sugiere que, “dicha disminución rondaría entre el 5 % y 7 %, con fluctuaciones extremas con el paso de los años e incidencia de los fenómenos denominados El Niño y La Niña”. Esto también, es confirmado por Baca *et al.* (2014) quienes proyectan disminuciones alrededor del 5 % para el año 2050. Además, en lo relativo al segundo indicador, el valor promedio es de medio (\bar{x} 46.07), esto indica que, la afectación por huracanes es percibida como considerable por las familias, especialmente por el daño a los cultivos.

En resumen, el índice de exposición es medio para Palacagüina (\bar{x} 59.52) y Totogalpa (\bar{x} 60.17) y alto para Telpaneca (\bar{x} 62.17).

Índice de sensibilidad (IS)

Población y salud. Según Monterroso *et al.* (2012), la inclusión de indicadores de salud y población, son útiles para medir la vulnerabilidad de las familias que se dedican a la agricultura. En cuanto a la desintegración familiar, existen diferencias significativas ($p < 0.00000233$), aunque el valor promedio para las tres zonas es bajo (\bar{x} 39); dicho fenómeno puede estar siendo potenciado por la emigración a países como Estados Unidos, Costa Rica y España. Además, los municipios se diferencian de forma estadística en indicadores como: la escasez de alimentos en período crítico ($p < 0.0000908$), que es sentido en mayor medida entre mayo y julio de cada año; la dedicación solamente para la producción de alimentos ($p < 6.56E-10$), la dificultad para generar ingresos ($p < 3.76E-12$) y la afectación de la pandemia del SARS-COV-2 ($p < 4.84E-13$). Sin embargo, para el acceso a los servicios básicos de salud, los territorios no son diferentes estadísticamente ($p < 0.855$), esto indica que en todas las zonas las familias tienen disponibilidad de servicios médicos primarios en la gran parte de las zonas rurales.

Es necesario señalar que, al estar las familias con mayor dedicación para la producción de alimentos y menor dedicación a la generación de ingresos, se debilita el capital financiero. Van den Berg *et al.* (2020, p 1446), sostienen que “si el capital financiero está en clara interacción con los demás capitales, este puede aportar de manera oportuna al desarrollo de los medios de vida, en este caso de familias rurales”.

DESARROLLO RURAL

Agricultura y ganadería. En referencia a los indicadores de probabilidad de bajos rendimientos en el rubro principal ($p < 0.000000356$), posibilidad de no realizar una buena fertilización ($p < 0.0000000142$), así como el nivel de dificultad para desarrollar la ganadería ($p < 0.00124$), establecer sistemas silvopastoriles ($p < 0.000000243$) en la finca y crecimiento de especies forestales ($p < 0.0154$); los municipios presentan diferencias estadísticas. Para el primer caso, la productividad de granos básicos en Madriz está entre 517 kg ha^{-1} y 647 kg ha^{-1} para frijol y 647 kg ha^{-1} y 970 kg ha^{-1} para maíz, esto denota que los sistemas de producción de las familias son especialmente sensibles al cambio climático, si se toma en cuenta el grado de prioridad de dicho rubro en los tres municipios (78.4 %). Aunque, dichos datos de producción, pueden ser aún más bajos cuando los fenómenos climáticos son más extremos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura y la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], e Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes [IFA], 2002), sugieren que, una adecuada fertilización de los cultivos es necesaria para que las plantas tengan los máximos rendimientos de acuerdo con su genética, pero en este caso, la mayoría de los productores de los tres territorios realizan la fertilización de los cultivos con productos químicos, especialmente con fuentes de urea y productos foliares; dichos productos tienen costos elevados lo que debilita el capital financiero, pero también el natural por el deterioro de los suelos, para lo cual “es necesario un cambio de paradigma hacia la agroecología sin perder los beneficios económicos, sociales y ambientales” Albino-Garduño *et al.*, 2018, p. 2).

“El desarrollo de sistemas agroforestales ayuda a mejorar las condiciones del suelo, lo que reduce la erosión y aportan materia orgánica” (Beer *et al.*, 2002, p. 8); cabe mencionar que, los municipios no tienen diferencias estadísticas ($p < 0.108$) en cuanto a la dificultad de desarrollar sistemas agroforestales. “En cuanto a la ganadería, esta aporta a la mejora y desarrollo del sistema alimenticio familiar” (Müller, 2016, p. 1) y los sistemas silvopastoriles mejoran los servicios que ofrecen los ecosistemas locales, lo que beneficia directamente a las personas (FAO, 2022). En este estudio se revela que hasta el 98.59 % son productores pequeños, quienes poseen entre 1 y 10 manzanas (0.7 ha y 7 ha) (Gobierno de Nicaragua, 2009, p. 46), lo que indica que, las áreas productivas requieren de planificación para un mejor aprovechamiento, en dependencia de su tamaño. Finalmente, el índice de sensibilidad promedio es de \bar{x} 56.6 para Totogalpa, \bar{x} 58.9 para Palacagüina y \bar{x} 57.6 para Telpaneca, lo que les sitúa en un nivel medio de sensibilidad ante el cambio climático (41-60).

Índice de capacidad adaptativa (ICA)

Capital humano. Para considerar la vulnerabilidad de forma completa, también es necesario integrar los aspectos humanos y las aristas que se relacionan (Thomas, *et al.*, 2019, p. 1). Para el caso de los tres territorios, existen diferencias en cuanto al nivel de alfabetización ($p < 0.0000000129$), sin embargo, el promedio es de \bar{x} 83.67, siendo Telpaneca el territorio con el mejor nivel (\bar{x} 95.2). En cuanto al conocimiento sobre los rubros trabajados, también existen diferencias ($p < 0.016$), aunque el nivel promedio para este indicador es alto (\bar{x} 61.73); Vermeulen *et al.* (2018, p. 14), mencionan que, “se debe invertir en mejorar el conocimiento de los productores, sobre todo en lo relacionado a su sistema alimentario”

En referencia al nivel de asistencia técnica para el rubro principal ($p < 0.59$) y el acceso a la educación ($p < 0.0958$), los municipios son similares estadísticamente, esto confirma lo encontrado por Baca *et al.* (2014), quienes sugieren niveles medios de acceso a la educación, eso sí, para productores de café. En el caso de la asistencia técnica, los productores considerados son afiliados de UNAG Madriz, en cuyo caso, estos han recibido asistencia técnica (\bar{x} 46.8), especialmente para producción de granos básicos, sin embargo, para productores que no son beneficiados por ningún programa, los valores pueden ser menores.

Capital social. En el caso del capital social, “es necesario comprender las interacciones y las dimensiones socioculturales propias de cada territorio o zona (Carmen *et al.*, 2022, p. 1371), “así como las necesidades específicas e iniciativas locales que surgen de la consideración de dicho capital” (Almeraya-Quintero *et al.*, 2018, p. 40. En este sentido, en lo relativo a la participación en entidades productivas ($p < 0.0000000727$), los territorios son diferentes estadísticamente, aunque el nivel promedio es alto (\bar{x} 63.07), siendo Telpaneca el que tiene el mayor valor (\bar{x} 72.8), lo que es consistente debido a que los encuestados, están integrados en la UNAG Madriz, así como en otras entidades como cooperativas lo que les facilita la asistencia técnica, el acceso a proyectos productivos, créditos y el desarrollo de capacidades.

También, se encuentran diferencias estadísticas en los territorios, en los indicadores de: ayuda en la comercialización ($p < 0.00326$), en la inclusión de proyectos ($p < 0.0000168$), nivel de conocimiento para legalización de la propiedad ($p < 0.0000136$) y unidades de protección civil ($p < 0.000000749$) y el nivel de participación en organizaciones comunitarias ($p < 7.6E-14$), aunque siguen siendo aceptables los niveles promedios de capacidad adaptativa para dichos indicadores (\bar{x} 47.27, \bar{x} 71.4, \bar{x} 46.2, \bar{x} 57.07 y \bar{x} 62.73); por lo que “las capacidades colectivas y un mejor nivel de conocimientos son elementos a favor para la lucha contra el cambio climático” (Abellán, 2021, p. 251). Además, en cuanto al apoyo gubernamental, no existen diferencias

DESARROLLO RURAL

estadísticas ($p < 0.169$); esto es positivo porque el Estado, forma parte directa del entramado organizacional y puede generar respuestas de manera oportuna.

Capital financiero. Hinkel *et al.* (2018, p. 3) señala que “la generación de ingresos será un factor determinante para la adaptación al cambio climático en años futuros, aunque esto no garantiza por sí solo que la adaptación sea un hecho. En relación al capital financiero, los territorios son diferentes en el apoyo recibido de proyectos productivos ($p < 0.00043$), aunque el nivel promedio es alto para los tres territorios (\bar{x} 69.53). El acceso a créditos ($p < 0.00274$), el acceso a las remesas ($p < 2.27E-10$), la oportunidad de inserción en mercados locales ($p < 4.94E-13$) y extranjeros ($p < 0.0000000181$), dinamizan la economía familiar, la comunitaria y por ende la capacidad adaptativa (Abdalá, 2017). Si bien, el acceso a créditos y mercados locales tienen un nivel medio y alto (\bar{x} 56.07 y \bar{x} 61.12). Cabe resaltar que, los productores de UNAG Madriz, pueden acceder a un microcrédito solo por ser afiliados de la organización, lo que indica que para productores no afiliados este nivel puede ser menor, sobre todo en las zonas más remotas.

En relación con la capacidad de inversión propia para la producción ($p < 0.00105$), el promedio territorial es medio (\bar{x} 47.7), siendo Telpaneca el que tiene el valor más bajo (\bar{x} 43.4), lo que indica que estos factores pueden fortalecerse aún más para mejorar la capacidad adaptativa en general de las familias (Asfaw *et al.*, 2021). Esto es consecuente con lo planteado por Baca *et al.* (2014), quienes sugieren niveles medios de capacidad de inversión para productores de café; sin embargo, para la diversificación de ingresos ($p < 0.102$), aunque no hay diferencias, el valor promedio es de \bar{x} 44.4, lo que puede ser negativo para enfrentar el cambio climático, “porque una mayor debilidad financiera resulta en una menor capacidad adaptativa a nivel general” (Williams *et al.*, 2020, p. 555).

Capital natural. Según Dussi y Flores (2018, p. 129) “el capital natural es el más importante o no es sustituible por otros capitales”, y “es uno de los elementos que deben ser priorizados en cuanto a la restauración o diversificación productiva rural” (Bouroncle *et al.*, 2017, p. 135). En este sentido, las zonas son estadísticamente diferentes en cuanto a la recarga hídrica ($p < 0.0024$) y la percepción de la fertilidad natural del suelo ($p < 0.0000455$). Para los tres territorios, la mayoría de los bosques surgen de la regeneración natural y bosques con objetivo de captura de carbono (Taking Root Enracine, 2022), lo que puede ayudar a la mejora del nivel de vida de las familias, una vez que se tome conciencia sobre la importancia del financiamiento y su uso (Di Sacco *et al.*, 2021). En el municipio de Telpaneca, todavía se

pueden encontrar áreas de bosques naturales propias de la Reserva Natural Cerro El Majaste.

En referencia a la fertilidad natural del suelo, el INTA (2020), indica “que la zona de Madriz o zona Norte, posee una mejor fertilidad de suelos en comparación con otros territorios”; Por lo que, con mejores condiciones agroecológicas, sería posible aprovechar las características de los suelos en pro de la producción; en tanto “la vulnerabilidad ambiental local permanezca, también lo hará la vulnerabilidad climática” (Alenza, 2019, p. 23). Es meritorio señalar que el promedio para este indicador es de \bar{x} 56.07, siendo Telpaneca el territorio que tiene el valor más alto (\bar{x} 59.6); esto puede ser explicado por las mejores condiciones de precipitación, lo que permite, como se mencionó anteriormente, aprovechar los suelos.

En cuanto a la diversificación productiva, los territorios también son diferentes estadísticamente ($p < 0.00197$), no obstante, los valores promedio son medios (\bar{x} 49.87), lo que indica, aunque la superficie de terreno por productor es limitada, que este mismo factor puede incentivar la implementación de otras actividades económicas, si bien, no de orden agropecuario (Perevochtchikova *et al.*, 2018).

Aspectos físicos y tecnológicos. Si bien los territorios se diferencian estadísticamente en cuanto acceso a material genético para la producción ($p < 0.00000000158$), manuales productivos ($p < 2.97E-14$), acceso a tecnologías de manejo de escasez ($p < 5.95E-11$) y exceso al agua ($p < 5.95E-11$) y acceso vial ($p < 0.0000149$); Totogalpa es la zona que presenta los valores más bajos en todos los indicadores (\bar{x} 43.8, \bar{x} 49, \bar{x} 46, \bar{x} 46.6 y \bar{x} 59.2), aunque todos están en un nivel medio (41-60). De acuerdo con Correa *et al.* (2021, p. 66) “la mejora tecnológica y la innovación, puede aumentar la producción y la capacidad adaptativa de los sistemas de producción de las familias”

Según Baca *et al.* (2014, pp. 5-7), existe un nivel bajo en acceso a tecnologías y aspectos relacionados para productores de café, sin embargo, para el territorio de Madriz en general, la incidencia de proyectos y la presencia gubernamental están siendo factores importantes para la mejora de la capacidad adaptativa, debido a que la zona, ha sido priorizada en tecnologías e innovación, sobre todo en temas de cosecha y conservación de agua, que según este estudio, el 98.29 % de las familias en el territorio son afectadas por la escasez de agua derivado del cambio climático.

Capital institucional. El apoyo y nivel de conocimiento sobre temas institucionales, aumentan la capacidad adaptativa porque se mejora el nivel de respuesta o

DESARROLLO RURAL

decisión cuando se trata de resolver problemas o gestiones en beneficio de la familia. Por lo demás, los territorios difieren estadísticamente en la percepción del apoyo público ($p < 0.00000000622$) y privado ($p < 0.000137$) para la producción, lo que refiere que los valores son altos en el primer indicador (\bar{x} 63.53) y medio para el segundo (\bar{x} 53.87). De igual manera, en el nivel de conocimiento para registro de plantaciones forestales ($p < 1.56E-13$) y pago por servicios ambientales ($p < 0.0000000445$), ha sido posible por las acciones de reforestación con fines de captura de carbono (Taking Root Enracine, 2022).

En referencia a la regulación de agroquímicos ($p < 1.56E-13$) y aprovechamiento legal de los recursos naturales de la finca, sobre todo, el forestal ($p < 0.00000000414$), también los territorios se diferencian, pero en este caso, los valores promedio son bajos (\bar{x} 35.6) y medios (\bar{x} 44.13), siendo Telpaneca el municipio con valores más bajos (\bar{x} 25 y \bar{x} 37). Por lo que “se requiere de intervenciones que permanezcan por varios años y que a la vez se acompañen de las políticas públicas necesarias” (Van Hecken *et al.*, 2019, p. 2) y de esta manera generar mayor conocimiento en los productores sobre el ámbito institucional para mejorar la capacidad de cambio y respuesta.

En resumen, la capacidad adaptativa de los tres municipios se ubica en nivel medio (41-60); \bar{x} 53.64 para Totogalpa, \bar{x} 55.49 para Palacagüina y \bar{x} 53.76 para Telpaneca.

Consolidado de vulnerabilidad. Si bien los territorios se sitúan en un grado de vulnerabilidad alta (61-80), el municipio de Telpaneca presenta la mayor vulnerabilidad, pero esto se debe a que la capacidad adaptativa es menor con respecto a las demás zonas. Sin embargo, es de notar que el 86.44 % de las familias se encuentran en grado de vulnerabilidad alta, lo que significa que la capacidad de respuesta ante el cambio climático en este territorio puede ser menor. Según Thomas *et al.* (2019, p. 2) “la vulnerabilidad es mayor cuando la capacidad adaptativa se sitúa en valores

bajos y a su vez, la exposición y sensibilidad son altas”

Cuadro 1. Grado de participación de las familias en las escalas de vulnerabilidad ante el cambio climático por territorio

Grado de vulnerabilidad	Totogalpa	Palacagüina	Telpaneca
Muy baja (0-20)	-	-	-
Baja (21-40)	3.23	3.64	1.69
Media (41-60)	35.48	47.27	11.86
Alta (61-80)	53.23	41.82	86.44
Muy alta (81-100)	8.06	7.27	-
Vulnerabilidad total (alta)	63.19	62.94	66.05

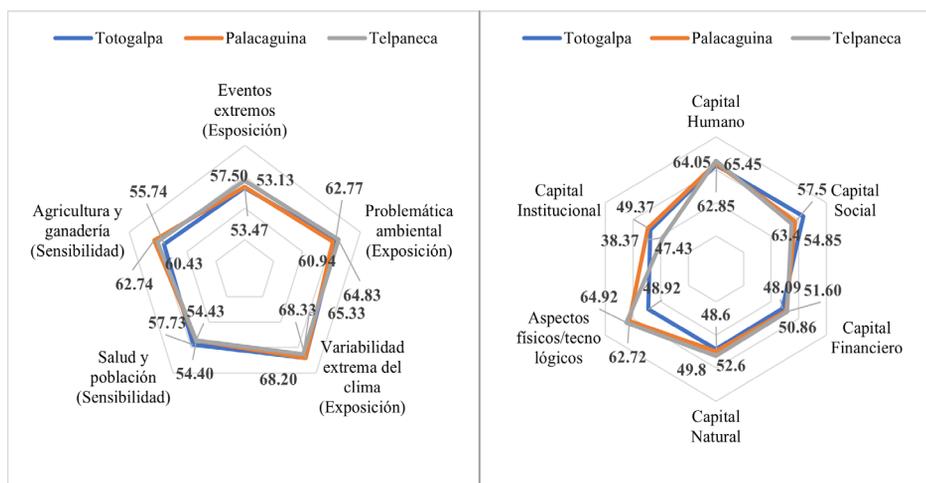


Figura 1. Comparación de las dimensiones de la vulnerabilidad en los tres municipios.

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio muestran que existen diferencias en 80 % de los indicadores entre los tres municipios, aunque dichos valores sugieren que es Telpaneca el territorio que tiene una menor capacidad adaptativa y mayor exposición ante el cambio climático. Esto quiere decir que los territorios pueden tener diferencias en cuanto a vulnerabilidad frente al cambio climático, aunque están en la misma región, en este caso Madriz, lo cual no solamente depende de las condiciones ambientales, sino de otros elementos que debilitan los medios de vida de las familias rurales. Es así, que la vulnerabilidad promedio de los medios de vida ante el cambio climático se ubica en un nivel alto para los municipios de Totogalpa (\bar{x} 62.94), Palacagüina (\bar{x} 62.94) y Telpaneca (\bar{x} 66.05); territorio en el cual el 86.44 % de las familias están se sitúan en vulnerabilidad alta.

De forma metodológica, la inclusión de indicadores integrales de todos los capitales y contextuales, aportan positivamente para la medición más precisa de la vulnerabilidad territorial e individual, así como de la capacidad adaptativa, lo que hizo posible la identificación de los productores con

DESARROLLO RURAL

mejor nivel de adaptación; dato que puede ser relevante para conocer lo que estos hacen diferente y la forma en que se pueden replicar las prácticas que realizar en otras familias o territorios.

Los resultados de este estudio pueden ser válidos para la identificación de las brechas territoriales de los medios de vida de las familias rurales así como las problemáticas que se tienen a nivel productivo lo que puede favorecer el direccionamiento de estrategias más precisas y la priorización

de los capitales que realmente necesitan de intervenciones, lo que puede iniciar con la atención de manera principal al capital natural y los elementos biofísicos que se ven mayormente más afectados por el cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias a la colaboración de la Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos de Madriz (UNAG Madriz) y a sus afiliados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdalá, M. (2017). Ciclo adaptativo y cambio rural: El enfoque territorial en la gestión de la resiliencia rural. *Revista de fomento social*, 72(3), 665-682.
- Abellán, M. (2021). Capital social, redes de confianza y cambio climático. Un enfoque neoinstitucionalista-tecnocrático. *Revista Miriada*, 13(17), 251-269.
- Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. (2017). *Perfil de Riesgo Climático Nicaragua*. https://www.climatelinks.org/sites/default/files/asset/document/2017_USAID_ATLAS_Climate%20Risk%20Profile%20-%20Nicaragua_Spanish.pdf
- Albino-Garduño, R., Santiago-Mejía, H., Cortés-Flores, J. y Turrent-Fernández, A. (2018). Sistema agroecológico Milpa Intercalada con Árboles Frutales en comunidades originarias del Estado de México. *Cuadernos de Agroecología*, 13(1). <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/1426/1969>
- Alenza, J. (2019). Vulnerabilidad ambiental y vulnerabilidad climática. *Revista Catalana de Dret Ambiental*, 10(1). <https://doi.org/10.17345/rcda2579>
- Almeraya-Quintero, S., Pérez-Hernández, L., Guajardo-Hernández, L., Paredes-Romero, J., Vásquez-López, P., Méndez-Cortés, V., & Hidalgo-Reyes, M. (2018). Asociatividad y participación de organizaciones locales en el desarrollo local territorial. *Revista Agroproductividad*, 7(6), 40-47.
- Asfaw, A., Bantider, A., Simane, B., & Hassen, A. (2021). Smallholder farmers' livelihood vulnerability to climate change-induced hazards: agroecology-based comparative analysis in Northcentral Ethiopia (Woleka Sub-basin). *Helyon*, 7(4), e06761. <https://doi.org/10.1016/j.helyon.2021.e06761>
- Baca, M., Läderach, P., Haggard, J., Schroth, G., & Ovalle, O. (2014). An Integrated Framework for Assessing Vulnerability to Climate Change and Developing Adaptation Strategies for Coffee Growing Families in Mesoamerica. *Revista PLoS ONE*, 9(2), e88463. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088463>
- Beer, J., Harvey, C., Ibrahim, M., Harmand, J. M., Somarriba, E. y Jiménez, F. (2002). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Revista Agroforestería en las Américas*, 10(37), 1-8.
- Bouroncle, C., Imbach, P., Läderach, P., Rodríguez, B., Medellín, C. y Fung, E. (2014). *La Agricultura de Nicaragua y el cambio climático ¿dónde están las prioridades para la adaptación?* CATIE, CIAT. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8101>
- Bouroncle, C., Imbach, P., Rodríguez-Sánchez, B., Medellín, C., Martínez-Valle, A., & Läderach, P. (2017). Mapping climate change adaptive capacity and vulnerability of smallholder agricultural livelihoods in Central America: ranking and descriptive approaches to support adaptation strategies. *Climate Change Journal*, (141), 123-137. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1792-0>
- Carmen, E., Fazey, I., Ross, H., Bedinger, M., Smith, F., Prager, K. & McClymont, M. D. (2022). Building community resilience in a context of climate change: The role of capital social. *Ambio Journal*, 51(6), 1371-1387. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01678-9>
- Centro Clima. (15 de julio del 2022). *Escenarios Cambio Climático*. <https://centroclima.org/escenarios-cambio-climatico>
- Correa, E., Martínez, A., Orozco, A., Silva, G., Tordencilla, L. y Rodríguez, M. (2021). Análisis de un sistema productivo agrícola en el Caribe: tecnología de producción, patrón de costos e indicadores económicos de la producción de ahuyama. *Revista de Economía del Caribe*, (23), 47-70. <https://doi.org/10.14482/ecoca.23.3033>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient Alpha and internal structure of test. *Psychometrika*, 16(3), 297-334. http://cda.psych.uiuc.edu/psychometrika_highly_cited_articles/cronbach_1951.pdf
- Di Sacco, A., Hardwick, K., Blakesley, D., Bracalione, P., Breman, E., Rebola, C., Chomba, S., Dixon, K., Elliott, S., Ruyonga, G., Shaw, K., Smith, P., Smith, R., & Antonelli, A. (2021). The golden rules for reforestation to optimize carbon sequestration, biodiversity recovery and livelihood benefits. *Global Change Biology*, 27(7), 1328-1348. <https://doi.org/10.1111/gcb.15498>
- Díaz-Cordero, G. (2012). El Cambio Climático. *Ciencia y Sociedad*, 37(2), 227-230.
- Dussi, C. y Flores, L. (2018). Visión multidimensional de la agroecología como estrategia ante el cambio climático. *Interdisciplina*, 6(14), 129-153. <http://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2018.14.63384>
- Galindo, L. y Angeles, E. (1996). *Métodos y técnicas de investigación*. Trillas.

DESARROLLO RURAL

- Gobierno de Nicaragua. (2009). *Plan sectorial PRORURAL Incluyente 2010-2014*. https://www.gafspfund.org/sites/default/files/inline-files/5.%20Nicaragua_strategy%20and%206.%20Nicaragua_investment%20plan.pdf
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg2_full_report.pdf
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2021, agosto 09). *Comunicado de Prensa del IPCC*. 5.
- Hernández-Sampieri, R., Collado, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill / Interamericana Editores
- Hinkel, J., Aerts, J., Brown, S., Jiménez, J. L., Nicholls, R., Scussolini, P., Sánchez-Arcilla, A., Vafeidis, A., & Addo, K. (2018). The ability of societies to adapt to 21st century sea-level rise. *Nature Climate Change Journal*, 8, 570–578.
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (2019). *Anuario Estadístico*. Gobierno de Nicaragua. https://www.inide.gob.ni/docs/Anuarios/Anuario19/Anuario_2019.pdf
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2018). *Tercera Comunicación de Cambio Climático en Nicaragua*. Gobierno de Nicaragua. <https://cambioclimatico.ineter.gob.ni/Tercera%20Comunicación%20Nicaragua.pdf>
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2020). *Mapa de fertilidad de suelos de Nicaragua. Versión actualizada 2018-2020*. Gobierno de Nicaragua.
- Kobotoolbox. (19 de septiembre de 2022). *Kobo tool box*. <https://kobo.humanitarianresponse.info/#/forms>
- López-González, S. (2017). *Análisis de la medición de productividad de granos básicos, en Nicaragua, Período 1961-2013* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Institucional UNAN-Managua. <https://repositorio.unan.edu.ni/10277/1/6969.pdf>
- Monterroso, A., Conde, C., Gay, C., Gómez, J. y López, J. (2012). Indicadores de vulnerabilidad y cambio climático en la agricultura de México. En Asociación Española de Climatología, *Cambio climática, extremos e impactos* (pp. 881-890).
- Morales, A. (2003). Los paradigmas de la investigación en las ciencias sociales. *Revista Islas*, 45(138), 125–135. <https://islas.uclv.edu.cu/index.php/islas/article/view/572>
- Müller, A. (2016). La importancia de la ganadería para la agroecología y los sistemas de alimentación sostenibles. *Revista Colombiana de Zootecnia*, 2(4). <http://anzoo.org/publicaciones/index.php/anzoo/article/view/48>
- Mussetta, P., Barrientos, M., Acevedo, E., Turbay, S. y Ocampo, O. (2017). Vulnerabilidad al cambio climático: dificultades en el uso de indicadores en dos cuencas de Colombia y Argentina. *EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, 36, 119-147. <https://doi.org/10.5944/empiria.36.2017.17862>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (18 de enero de 2022). *Servicios ecosistémicos y biodiversidad*. <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. (2002). *Los fertilizantes y su uso*. FAO
- Perevochtchikova, M., Hernández, J. y Avila-Foucat, V. (2018). Recursos naturales y diversificación productiva en cuatro localidades rurales del estado de Oaxaca, México. *Revista Cuadernos de Desarrollo Rural*, 15(81). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr15-81.rndp>
- Pineda, M., Martínez-Casasnovas, y Viloria, J. (2016). Relación entre los cambios de cobertura vegetal y la ocurrencia de deslizamientos de tierra en la Serranía del Interior, Venezuela. *Revista Interciencia*, 41(3), 190-197. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33944256008.pdf>
- Schilling, J., Hertig, E., Trambly, Y., & Scheffran, J. (2020). Climate change vulnerability, water resources and social implications in North Africa. *Regional Environmental Change Magazine*, 20(15). <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01597-7>
- Taking Root Enracine. (23 de enero de 2022). *Taking Root*. <https://app.farm-trace.com/es/Communitree/>
- Thomas, K., Hardy, D., Lazrus, H., Mendez, M., Orlove, B., Rivera-Collazo, I., Roberts, T., Rockman, M., Warner, B., & Winthrop, R. (2019). Explaining differential vulnerability to climate change: A socialscience review. *WIREs Climate Change*, 10(2). e565. <https://doi.org/10.1002/wcc.565>
- Van den Berg, H., Phillipe, S., Dicke, M. & Marjon, F. (2020). Impacts of farmer field schools in the human, social, natural and financial domain: a qualitative review. *Food Security*, 20(12), 1443- 1459.
- Van Hecken, G., Merlet, P., Lindtner, M., & Bastiaansen, J. (2019). Can financial incentives change farmers' motivations? An agrarian system approach to development pathw ays at the Nicaraguan agricultural frontier. *Ecological Economics Magazine*, 156, 519-529.
- Vergara, M., Ellis, E., Cruz, J., Alarcón, L. y Galvan del Moral, U. (2011). La conceptualización de las inundaciones y la percepción del riesgo ambiental. *Política y Cultura*, (36), 45-69. <https://polcul.xoc.uam.mx/index.php/polcul/article/view/1152/1127>
- Vermeulen, S. J., Dinesh, D., Howden, M., Kramer, L. & Thornton, P. (2018). Transformation in practice: a review of empirical cases of transformational adaptation in agriculture under climate change. *Frontiers*, 2, <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00065>
- Williams, S., Rosendo, S., Sadasing, O., & Celliers, L. (2020). Identifying local governance capacity needs for implementing climate change adaptation in Mauritius. *Climate Policy*, 20(5), 548-562

Identificación de factores humanos para conseguir la preñez de cerdas inseminadas artificialmente

Identification of human factors to achieve pregnancy in artificially inseminated sows

Elizabeth Villarroel-Barrios

Máster en Producción Animal Sostenible, doctoranda en investigación transdisciplinar, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2488-9783> / belizabethvillarroel@gmail.com

Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Bolivia



RESUMEN

Debido a que la carne de cerdo tiene alta demanda, las granjas porcinas implementan la inseminación artificial para producir en mayor proporción esta proteína; sin embargo, es valioso tomar en cuenta muchos aspectos en el momento de la detección del celo e inseminar oportunamente para lograr los objetivos de producción. En este artículo presentamos los avances de una revisión bibliográfica sobre la identificación reiterada de errores o descuidos, incurridos por factores humanos, que no favorecen la preñez de las cerdas inseminadas con cualquiera de las distintas técnicas o en los procedimientos realizados para la colecta y valoración del semen. Para ello se ha considerado varios tipos de documentos (artículos y tesis de grado principalmente) en repositorios universitarios, en revistas indexadas y en bases de datos reconocidas. En dichas revisiones, se constata que el personal encargado de realizar cada uno de los procesos para inseminar, no sólo debe tener un conocimiento profundo y actualizado sobre las características de los reproductores o sobre el análisis del esperma porcino, sino que también debe saber sobre las distintas etapas del estro de la cerda y el momento óptimo para inseminar; factores importantes para conseguir la preñez esperada y aumentar los índices reproductivos en las granjas. En ese sentido, la disminución en el porcentaje de cerdas gestantes inseminadas artificialmente, se atribuye a fallas relacionadas directamente con este proceso, al desconocimiento de factores específicos en cada uno de los pasos para inseminar y a la insuficiente preparación de las personas que lo realizan; por ello es importante que éstas tengan un alto nivel de capacitación que les permita implementar y desarrollar las distintas técnicas de inseminación para mejorar y aumentar la producción porcina.

Palabras clave: genética animal, reproducción animal, procreación artificial, zootecnia, producción porcina.

ABSTRACT

Because pork meat is in high demand, pig farms implement artificial insemination to produce a greater proportion of this protein; however, it is valuable to take into account many aspects at the time of heat detection and timely inseminate to achieve production goals. In this article we present the progress of a bibliographical review on the repeated identification of errors or oversights, incurred by human factors, that do not favor the pregnancy of the sows inseminated with any of the different techniques or in the procedures carried out for the collection and evaluation of the semen. For this, various types of documents (mainly articles and degree theses) have been considered in university repositories, in indexed journals and in recognized databases. In these reviews, it is verified that the personnel in charge of carrying out each one of the processes to inseminate must not only have a deep and updated knowledge about the characteristics of the reproducers or about the analysis of porcine sperm, but must also know about the different stages of the sow's estrus and the optimal moment to inseminate; important factors to achieve the expected pregnancy and increase reproductive rates on farms. In this sense, the decrease in the percentage of artificially inseminated pregnant sows is attributed to failures directly related to this process, ignorance of specific factors in each of the steps to inseminate and insufficient preparation of the people who perform it; For this reason, it is important that they have a high level of training that allows them to implement and develop the different insemination techniques to improve and increase pig production.

Keyword: Animal genetics, animal breeding, artificial procreation, animal husbandry, pig production.

Recibido: 12 de diciembre del 2022
Aceptado: 24 de mayo del 2023



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

CIENCIA ANIMAL

La producción de ganado porcino, casi se ha duplicado desde el año 2000, pasando de 1 746 200 a 3 261 149 en el 2021, según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE, s.f). Este es un factor significativo que hace necesario la ejecución de técnicas que contribuyan al rendimiento de esta industria pecuaria, lo cual redundará en beneficios importantes para el desarrollo de la región. Dentro de estas estrategias, se encuentra la implementación de métodos de reproducción animal artificial y que lleguen a feliz término, es decir, que el proceso de inseminación progrese y culmine con la preñez efectiva de las cerdas.

A nivel general se pueden encontrar estudios que indican que la producción porcina ha crecido a nivel mundial en los últimos años, debido a un incremento en el consumo de carne de cerdo; es decir, cada vez hay más personas que incorporan esta proteína a su dieta diaria. Y ello precisa, entre otras cosas, encontrar estrategias como las que facilita la técnica de la reproducción artificial que permite la optimización del rendimiento de las granjas dedicadas a la industria porcina (Coronel, 2012).

En ese sentido “se han creado nuevos sistemas de producción, que han sido introducidos en Latinoamérica y en nuestro país, los que buscan mejorar la producción, a través de la genética, sanidad, infraestructura, alimentación y medio ambiente” (p. 13); y estos elementos se constituyen en pilares de la producción porcina que son manejados por el personal de las granjas para lograr la eficiencia y rendimiento en la utilización de los recursos para alcanzar una máxima rentabilidad a bajo costo (Macuchapi, 2007).

No obstante, la importancia de la producción porcina en el contexto económico boliviano, de acuerdo con Coronel (2012) “ha intensificado la utilización de la inseminación artificial como medio reproductivo” (p. 1). De ahí la necesidad de dar a conocer los factores determinantes que el personal inseminador debe tener en cuenta para conseguir la preñez de las cerdas y no incurrir en equivocaciones, fallas o descuidos por desconocimiento del proceso. De Alba (2013) señala que:

la inseminación artificial quirúrgica en los predios porcinos garantizaba la posibilidad de reducir el número de espermos a depositar cerca de la unión útero-tubárica; pero esta técnica no se podía aplicar de forma rutinaria en las granjas porcinas, por lo que se buscaron alternativas a la cirugía que permitieran depositar el semen lo más cerca posible del sitio de fertilización, siempre con el objetivo de disminuir el número de espermos por inseminación. (p. 1)

La técnica de inseminación artificial aplicada a la producción porcina data de muchos años; según Espíndola (2020) “se inició en granjas porcícolas donde los encargados vieron la probabilidad de sacar semen a los verracos” (p.1) para mejorar la fertilización de las cerdas. Dicho

procedimiento se sigue utilizando en la actualidad, pues su aplicación permite conseguir un producto terminado con muchas cualidades y además logra eficiencia en los parámetros tanto de producción como de reproducción (Córdova, 2014); en tal sentido Cuevas *et al.* (2005) expresan que “el desempeño reproductivo es la principal preocupación de los porcuicultores, ya que la estabilidad económica de su empresa depende de la producción de lechones (que se encuentra afectada por el índice de fertilidad y el número de lechones nacidos)” (p. 145). En esa misma línea Hormachea *et al.* (2016) afirman que “es necesario seguir una rutina de trabajo estricta, además las instalaciones y la habilidad del técnico juegan un papel preponderante” (p. 2). En síntesis se puede mencionar que esta biotecnología es una herramienta de reproducción animal “que sustituye la monta porcina por una aplicación instrumentalmente asistida por un técnico que intervenga en la metodología” (Espíndola, 2020, p. 2).

Como en toda granja porcina dedicada a la producción de lechones, el personal a cargo debe saber tal como menciona Hoyos (2015) que “el paso más indispensable para que todo pueda llevarse a cabo de manera satisfactoria es la detección del celo en las cerdas, para lo cual se debe contar con una mano de obra capacitada” (p. 15), de eso se desprende que la persona inseminadora, además del conocimiento de las distintas técnicas de inseminación, tiene que saber sobre las etapas del estro, ya que si se deja pasar el celo de las cerdas, éstas no quedarán preñadas. Ahora bien, para detectar el celo además del conocimiento y experiencia previa es importante tener en cuenta los siguientes aspectos como lo plantea Carr (2014):

hay que utilizar todos los sentidos de un buen operario: el oído para descubrir a una cerda que vocaliza; la vista para identificar las cerdas inquietas, nerviosas, que no comen y tienen la vulva inflamada y ligeramente enrojecida; el tacto para hacer la prueba de presión en la espalda en presencia del verraco y el sentido común para tener paciencia y calma a la hora de observar a los animales. (p. 6)

En cuanto a los verracos, Lloveras (2020) expone que deben ser “utilizados a partir de los 10 meses de edad con una frecuencia de dos veces por semana” (p. 3), dato importante que el porcinocultor debe tomar en cuenta para extraer material seminal de excelente calidad; ya que, sin este conocimiento previo no se logrará la gestación de las hembras porcinas, aunque se haya detectado el celo correctamente, debido a que los espermatozoides pueden estar inmaduros si los cerdos son utilizados antes de la pubertad o contrariamente también si se hace un uso excesivo de los machos adultos para la colecta de semen.

Esto confirma que en el proceso de inseminación artificial porcina se requiere “una serie de conocimientos sobre materiales, usos, tiempos, etc., que pueden ser la diferencia entre un resultado exitoso o discreto” tal como

lo describe Hormachea *et al.* (2016, p. 7); por lo tanto, es indispensable que el inseminador conozca y entienda cada uno de los procedimientos que se efectuarán en esta práctica de reproducción asistida. Y desde esa perspectiva, el propósito de este artículo es analizar dichos elementos que son esenciales a la hora de implementar procesos biotecnológicos de reproducción porcina con el ánimo de mejorar el rendimiento de las granjas, y por ende, del sector pecuario tan relevante en el contexto boliviano.

METODOLOGÍA

Este artículo constituye un primer avance bibliográfico de la investigación “Abordaje transdisciplinar de los factores humanos que no favorecen la preñez de las cerdas mediante la inseminación artificial y del mejoramiento genético para la reproducción en las granjas porcinas de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia”. Para ello se realizó una búsqueda de documentación sobre la temática de la reproducción artificial porcina, especialmente en lo que atañe a aquellos aspectos humanos que son esenciales a la hora de desarrollar este procedimiento biotecnológico de manera adecuada y efectiva.

La pesquisa bibliográfica se realizó acudiendo a bases de datos y repositorios institucionales con acceso a artículos y tesis de grado que tratan dicha temática. En esa búsqueda se utilizaron palabras clave como “inseminación porcina”, “preñez de la cerda”, “gestación artificial” y “semen verraco”; la idea general fue encontrar artículos de corte cualitativo, centrados en los procesos llevados a cabo por los sujetos antes y durante la inseminación artificial (IA), incluyendo la colecta de semen y su análisis, para lograr la eficiencia reproductiva en las granjas porcinas.

Una vez se accedió a los documentos se seleccionó y organizó la información obtenida atendiendo fundamentalmente a los aspectos relacionados con el papel del personal inseminador en el proceso de reproducción asistida; para ello se establecieron tres categorías: la detección eficaz del ciclo del celo de la cerda, la colecta del semen y la valoración del material seminal en el laboratorio. A partir de esos elementos se analizaron los datos que se consideraron más pertinentes y adecuados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Algunos elementos claves en la inseminación artificial porcina. Según Coronel (2012) la técnica de la inseminación artificial aplicada al ganado porcino se desarrolló de manera pausada, hasta el momento en que se pudo obtener buenos resultados utilizando material seminal refrigerado, lo que permitió una transformación en la mentalidad de porcicultores y personal técnico, debido a las ventajas que ésta ofrecía “tanto a nivel de granja con la preparación de semen para uso propio, como a través de centros de

inseminación artificial que distribuyen dosis seminales a las explotaciones (p. 1); de ahí la importancia del conocimiento y pertinencia de esta técnica de quienes manejan la granja y de quien realiza el proceso con los respectivos pasos a seguir. En ese sentido y siguiendo a Luchetti *et al.* (2016) es fundamental también la experiencia de la persona que lleva a cabo todo el procedimiento de inseminación.

No cabe duda de que la técnica de la inseminación artificial logra mayores rendimientos en la productividad y en la reproducción porcina (Cuevas *et al.*, 2005); sin embargo, es fundamental ver cómo responden los distintos métodos, sobre los criterios que se miden en los predios, ya que la finalidad de la técnica es tener la mayor cantidad de gametos masculinos en la matriz de la cerda, como precaución para que exista la concepción.

En muchas granjas porcinas “La técnica de inseminación artificial (...) sustituye la monta porcina por una aplicación instrumentalmente asistida por un técnico que intervenga en la metodología; es así que esta técnica es un método asistido que aumenta las hembras fecundadas” (Espíndola, 2020, p. 2). Lo anterior demuestra la necesidad de que el personal esté actualizado y capacitado, teniendo en cuenta que la producción animal es un área en constante evolución; en ese sentido, por ejemplo, tal como indica López (2016), “La tendencia actual en la IA porcina es reducir el número de espermatozoides por inseminación y en esta línea se están desarrollando nuevas técnicas para la aplicación del semen cerca del lugar de la fecundación” (p. 6).

Los diferentes métodos de procreación artificial en cerdas, según Compagnoni *et al.* (2019) “permiten variar el volumen y la cantidad de espermatozoides de la dosis inseminante al modificar el lugar de deposición de ésta” (p. 33); sobre este asunto Torrentes *et al.* (2013) indican que en porcinos:

Puede practicarse depositando el contenido de las dosis seminales en el cérvix (IA convencional o cervical o SAI) o en el útero (IA intrauterina). Esta última modalidad presenta dos variantes: la IA postcervical (PCAI) cuando la dosis seminal se deposita inmediatamente tras el cérvix y la IA intrauterina profunda (DUI) cuando la dosis seminal se deposita en la cavidad de los cuernos uterinos. Los catéteres utilizados en cada una de estas modalidades varían en longitud y diámetro, dependiendo del tipo de IA que se practique y requieren de personal más preparado cuanto más profundidad alcanza la deposición. (p. 59)

Los autores anteriores también afirman que “por lo general, la IA Convencional (SAI) y la IA Post Cervical (PCAI) suelen ser utilizadas para dosis seminales frescas o refrigeradas, y la IA Intrauterina Profunda (DUI) se reserva para dosis seminales criopreservadas o sexadas” (p. 59).

En cuanto a la Inseminación Artificial Convencional, según Cane *et al.* (2019) “suele emplear entre 2.5 y 4 mil millones de espermatozoides por cada inseminación en un volumen que oscila entre 70 ml y 100 ml de diluyente, los cuales se depositan en el útero a través del cérvix dos o tres veces durante el estro” (p. 584). De acuerdo con estos autores los cerdos reproductores empleados para la extracción de semen producirían entre 20 a 40 porciones entre 70 ml y 100 ml de disolvente para la tradicional y que la utilización de una disminución diaria en la cantidad de las células reproductoras del cerdo se traduciría en ganancias monetarias para la granja, lo que hace que continuamente surjan nuevas técnicas que conlleven a la utilización eficiente del material seminal.

En lo que respecta a la inseminación intrauterina, De Alba (2013) la describe en líneas generales como la “deposición del semen directamente en el cuerpo del útero” (p. 1) y dentro de este tipo de inseminación se distingue dos técnicas según el lugar donde se deposite el material seminal: “1) La Inseminación Intrauterina Profunda (IA IUP), que deposita el semen en la profundidad de un cuerno uterino y 2) La Inseminación post cervical (IA PC) en la que el semen se deposita en el cuerpo del útero” (p. 1). Vinculado a esto Luchetti *et al.* (2016) mencionan que es importante tener en cuenta la profundidad a la que se realiza la deposición seminal ya que:

a medida que el semen se deposita más profundamente en el aparato genital de la cerda, el número mínimo de espermatozoides requerido por inseminación es menor. Se busca reducir el número de espermatozoides requeridos por servicio sin afectar la tasa de parto ni el tamaño de la camada. La IA intrauterina posibilita esto ya que evita las áreas donde se pierden los espermatozoides, se reduce el volumen de reflujo seminal post-inseminación y podría evitarse el uso de padrillo de retajo durante la inseminación. (p. 120)

En esta misma línea, el personal encargado de la inseminación artificial porcina debe buscar y conocer la efectividad de otras técnicas de inseminación, como la que detalla López (2016) quien afirma que “un grupo de investigadores de la universidad de Murcia, España, desarrollaron la técnica de inseminación intrauterina profunda (IIUP) que consiste en la introducción transcervical de un catéter flexible en el útero de la cerda, logrando acceder sin sedación [sic] ni cirugía” (p. 6). Este mismo autor expone que “se ha querido reducir la concentración de semen hasta unas 100 veces por dosis y el volumen de la misma” (p.6). Estos procedimientos no se hubieran conocido sin el desarrollo previo de las técnicas; dicho de manera sencilla, los inseminadores tienen que capacitarse constantemente para estar actualizados.

Córdova (2014) enuncia que es importante que el personal inseminador tenga presente la necesidad de: mejorar el paso del semen por el cérvix y conseguir que llegue suficiente cantidad de éste al cuerpo del útero para garantizar una fecundación adecuada. De hecho, solo son necesarios de 5 a 10 millones de espermatozoides en la unión útero tubárica de cada cuerno uterino para conseguir una fecundación satisfactoria. (pp. 3-4)

No cabe duda de que los porcicultores tienen interés en alcanzar la eficiencia en la reproducción, mediante la realización de varios procesos para preñar a las cerdas inseminadas artificialmente. Por ello, coincidiendo con la autora anterior “es necesario evaluar el efecto de cualquier técnica sobre los parámetros reproductivos de cualquier granja y establecer la viabilidad de su implementación” (p. 1); ya que, para lograr la producción de lechones, mediante la inseminación artificial, la persona que efectúa este proceso debe tener la capacidad de aplicar la mejor y más conveniente técnica.

El ciclo de celo de la cerda. Junto con el conocimiento y destreza que debe tener el personal a cargo de la inseminación, éste también debe saber que es importante la detección correcta del celo de la cerda para realizar la inseminación en el momento justo y alcanzar niveles óptimos de fertilización, ya que si esto no se tiene en cuenta, la inseminación asistida será un completo fracaso. Lo anterior significa que detectar el estro de las cerdas es preponderante para conseguir la preñez de éstas y por ende mejorar la productividad (Espíndola, 2020). Por su parte Lloveras (2020) menciona que para lograr el éxito esperado, es fundamental detectar el estro de la cerda oportunamente; caso contrario se desperdiciarán celos, lo que se traduce en gastos y en falta de rendimiento de la granja porcina (Quiles y Hevia, 2009). Si el inseminador no sabe detectar el celo de las cerdas no sabrá en qué momento inseminar, por tal motivo es importante como lo indica (Hoyos, 2015), verificar el estro diariamente y de forma correcta una vez al día en hembras primerizas, destetadas y repetidoras, para garantizar el momento adecuado y realizar la inseminación. Este aspecto es importante porque el ciclo estral suele diferir “entre las especies, por ejemplo, en las cerdas tiene una duración de 21 días si esta [sic] no ha sido preñada” (Quirós, 2016, p. 7); de ahí que la precisión “del diagnóstico del celo en la cerda” sea esencial “para determinar el momento idóneo de la inseminación artificial (IA)” (Quiles y Hevia, 2009, p. 15).

En cuanto al proceso de detección del celo Carr (2014) da unas pautas básicas sobre el momento de hacerlo y los factores a tener en cuenta; de esa manera plantea que hay que realizarlo a partir de:

CIENCIA ANIMAL

tres días después del destete y repetirse tres veces al día hasta la cubrición y dos veces al día durante toda la gestación. El macho debe acercarse a la cabeza de la cerda. (...) tener en cuenta que éste es sólo el primer paso de la secuencia del cortejo. (p. 4)

En lo que respecta al tiempo de exposición al verraco, este autor menciona que debe ser por un mínimo de 20 minutos diarios “para inducir el celo, pero la exposición constante puede influir negativamente en la duración del estro. La detección del celo es más fácil si durante la hora previa las cerdas no tienen estímulos del verraco (visuales, olfativos o auditivos)” (p. 4).

Lo expuesto hasta aquí refleja la importancia de la capacitación y del conocimiento de los signos de celo de la cerda que, según Carrero (2005), se manifiestan en niveles puntuales. En esa misma perspectiva Compagnoni et al. (2019) expresan que es fundamental “determinar el momento ideal para realizar la IA. Esto es debido a que, en la especie porcina, no solo es importante conseguir la preñez, sino, además, obtener la mayor cantidad de embriones posible en cada gestación” (p. 34). Los factores mencionados hasta aquí optimizarán los niveles “de fertilidad y prolificidad, siempre y cuando se cuente con semen de gran calidad y con personal entrenado y formado” (Quiles y Hevia, 2009, p. 23).

En cuanto a la persona a cargo del proceso de inseminación artificial, debe saber, entre otras cosas, lo que señala Córdova (2014):

En la inseminación tradicional fijamos el catéter en los primeros centímetros del cérvix y el semen debe atravesar este laberinto y alcanzar el cuerpo del útero. Todas las técnicas que se han desarrollado, desde hace años, pretenden mejorar el paso del semen por el cérvix y conseguir que llegue suficiente cantidad de semen al cuerpo del útero para garantizar una fecundación adecuada. (pp. 3-4)

Por ello y siguiendo a Espíndola (2020) si no se hace una adecuada observación del celo de la cerda, el proceso de la inseminación no daría resultado; por ese factor el personal encargado de dicha función cumple un rol importante. De igual manera éste debe saber que:

por la complejidad anatómica del tracto genital de la cerda, determinada por la longitud y las curvaturas de los cuernos uterinos, y en particular por las características del canal cervical, se ha dificultado el desarrollo de técnicas reproductivas basadas en la introducción de instrumentos al interior de los cuernos uterinos. (López, 2016, p. 6)

Una vez detectado el celo de la cerda, la persona encargada de realizar el procedimiento reproductivo asistido debe tener el conocimiento necesario para determinar el momento óptimo de la inseminación que, según Soto (2015), “es de 18 a 24 [sic] horas después de iniciado el verdadero

periodo de calor de recepción al macho. Si una cerda después de 24 horas de haber sido inseminada, muestra todavía el período de recepción del macho [sic] se debe repetir el servicio (p. 26).

No se debe efectuar la inseminación tan pronto se ve que la cerda queda inmovilizada por presentar estro sino que se debe inseminar de 8 a 12 horas después de que haya empezado ese reflejo de quietud; luego se debe repetir la inseminación entre 8 y 12 horas después de haber realizado la primera práctica, tal como indica Lloveras (2020). En ese sentido Parodi (2013) menciona que una alternativa a la situación antes descrita es:

hacer dos siembras en lugar de tres de las cuales se logran buenos resultados si se lo hace en forma correcta. La manera correcta de realizarla es: (...) Probando celo todos los días de la semana a primera hora de la mañana y a última [sic] hora de la tarde. (...); el mismo autor expresa que: La cerda que esta [sic] en celo los lunes a la mañana serán servidas por primera vez los martes a la mañana. Y por segunda vez los martes a la tarde. Esto se realiza de esta manera, porque la ovulación se da al final del celo y siempre el espermatozoide debe esperar al ovulo y no al revés. (p. 1)

Quiles y Hevia (2009) también reafirman el hecho de que si la inseminación artificial se hace “demasiado pronto (más de 24 horas antes de la ovulación) o demasiado tarde (más de 8 horas post-ovulación) el porcentaje de fertilidad y prolificidad disminuye, en el primer caso por envejecimiento de los espermatozoides y en el segundo por envejecimiento de los óvulos (p. 18). De igual manera Gurri (2020), expresa que:

por regla general, los espermatozoides son viables durante uno o dos días una vez que llegan al oviducto (el tubo que conecta el útero con los ovarios), siendo el tiempo que los espermatozoides pueden almacenarse en el oviducto un factor clave para el éxito de la inseminación. Si la ovulación ocurre justo fuera de esa ventana, la inseminación fracasa. (p. 1)

Lo mencionado anteriormente implica que la cerda no quedará preñada y, por tanto, se afectarán los índices reproductivos de las granjas. Por todo ello y aunque suene reiterativo, es necesario seguir una secuencia de pasos una vez detectado el momento óptimo y este procedimiento lo debe saber quién realiza la inseminación. Eso significa que es imperativo su capacitación, como lo afirma Lloveras (2020) al considerar que “en la inseminación artificial existe mayor oportunidad de que ocurran errores humanos que con la monta natural” (p. 1). Estas circunstancias también entrañan que el personal debe ser experto en “los métodos de recogida y de elaboración del semen” (Guzmán, 2002, p. 4), y de ello se desprende que se debe enseñar a éste, los pasos

que forman parte del proceso para la obtención del material seminal que sería utilizado en la inseminación, ya que como menciona Espíndola (2020) es importante contar con un “material genético de buena calidad, un laboratorio equipado y con protocolos establecidos e indudablemente con personal técnico capacitado para la realización de las actividades; los resultados al final demostrarán la calidad en Dosis listas para la inseminación artificial” (p. 3) y valga decir que todo ello, en definitiva, también se puede constituir en fuente de ingresos para la granja y los porcicultores.

Extracción de semen del verraco. Una de las búsquedas de la industria porcina a nivel general es la optimización de la producción de los machos que sustentan la inseminación artificial (López, 2016), por ello es necesario ofrecerles un ambiente de confort y adicionar en las mismas instalaciones, un espacio para extraer el material seminal “amplio, limpio y que permita la circulación del macho alrededor del potro de salto o maniquí, debe ubicarse junto a los boxes donde se alojan los padrillos” (Lloveras, 2020, p. 2). La obtención del semen debe hacerse en la sala de recogida y con ese fin se puede “adecuar cualquier dependencia del Centro, pero para obtener el máximo rendimiento de cada verraco conviene que la sala de recogida sea un local destinado única y exclusivamente a este fin” (Ciudad, 1984, p. 7).

Para realizar el proceso de la colecta del semen del verraco se pueden utilizar distintas estrategias. López (2016) menciona entre otras “el empleo de maniquí o de una cerda en celo, utilización de la técnica de la mano enguantada o de una vagina artificial” (p. 9); aclara que en la primera, se debe utilizar dos guantes de vinilo para la limpieza en “la zona del prepucio y vaciar el divertículo del mismo” (p. 9), y otro, limpio, para atrapar el pene. Cabe destacar que para que se produzca la colecta de semen, dentro de los parámetros normales, los donadores no deben sentir temor de subir al potro, de ahí la importancia de que “el maniquí esté sólidamente fijado al suelo. La actitud de los verracos frente al maniquí es muy similar a la que adoptarían frente a una cerda en celo” (Ciudad, 1984, p. 8). Así, “una vez que el macho salta sobre el potro con manifestaciones idénticas a las de la monta natural el pene es fijado con la mano cubierta con un guante de látex ejerciendo ligera presión” (Lloveras, 2020, p. 3). Otro factor a tener en cuenta en la extracción de semen y es justamente supervisado por el inseminador, son las condiciones adecuadas de ambiente y temperatura para los reproductores; sobre ello Parodi (2013) menciona que:

La mejor época en calidad espermática es aquella en donde los machos no sufren estrés térmico, ya que el calor altera la espermatogénesis. Cuando nosotros nos encontramos en situaciones en las cuales la época del año nos es desfavorable por ejemplo en verano tendremos que adoptar algunas medidas.

Ya todos sabemos que en esta estación particular del año a consecuencia de las altas temperaturas, la calidad seminal y la cantidad de dosis que podemos sacarles a nuestros machos puede disminuir en un 20 %. (p.1)

El factor temperatura es fundamental pues cuando se superan los 20 °C se reduce significativamente la vida útil del semen (Cuenca y Avellaneda, 2017); también es esencial “cuando se conserva material seminal para realizar IA (...) tener en cuenta la calidad del semen utilizado, sobre la base de parámetros mínimos de aceptación que determinan si el eyaculado obtenido puede ser utilizado con éxito” (Compagnoni *et al.*, 2019, p. 35); en este sentido “una mayor cantidad de espermatozoides proporciona algún tipo de resguardo contra los problemas relacionados con la fertilidad del semen, la estación del año, el operario y el momento de la IA” (p. 37).

En el proceso de la colecta se debe asegurar la obtención de semen “de calidad bacteriológica aceptable a los efectos de evitar las contaminaciones bacterianas y/o virales que perturbe la conservación del semen, o sean responsables de la transmisión de enfermedades a las cerdas” (López, 2016, p. 9); por ello se aconseja acciones tales como “trabajar con maniquí limpio, duchar o desinfectar el prepucio” (p. 9), según lo expresa el mismo autor. En dicho procedimiento según Lloveras (2020) se puede apreciar tres fases:

la primera se descarta está contaminada con orina, contiene la secreción de las glándulas y escasos espermatozoides. La segunda fracción de aspecto blanco lechoso rica en espermatozoides es la que interesa diluir; la tercera comúnmente denominada por su consistencia gelatinosa „ [sic] granos de tapioca% [sic] debe ser descartada. La recolección se realiza en frascos de boca ancha previamente calentados a 32 ºC [sic] para evitar el shock térmico, provistos de gasa en el extremo para filtrar los granos de tapioca y luego mantenidos en caja de telgopor para evitar cambios bruscos de temperatura (p. 3).

Sin embargo López (2016) afirma que en la eyección del reproductor se presentan cuatro estadios consecutivos: pre-espermática (fracción clara acompañada de gel o tapioca), representa 5-20 % del volumen total; espermática o rica (fracción que proviene del epidídimo) y que posee 70 % de los espermatozoides del eyaculado representando 30-50 % del volumen total; post-espermática (fracción epididimaria y secreción de glándulas anexas) pobre en espermatozoides pero que representa 50-60 % del volumen total colectado; fracción final clara y cargada en «tapioca» la cual serviría de tapón mucoso durante la monta natural evitando así el reflujo de espermatozoides. (p. 10)

En el transcurso de la colecta la duración entre extraer y realizar el análisis correspondiente del material seminal, debe hacerse máximo en dos horas (Lloveras, 2020); además se debe tener en cuenta la concentración de espermios de los cerdos, cuando se lo ve a simple vista y de acuerdo a su color o consistencia; si es de color blanco opaco, puede llegar a tener entre 50 millones a 200 millones por centímetro cúbico; si tiene una consistencia tipo leche estará entre 300 millones a 500 millones y si presenta un aspecto como crema tendrá entre 500 millones a 1 000 millones de espermios por centímetros cúbicos respectivamente (Henríquez, 1994). En esa misma perspectiva, López (2016) afirma que “para evitar la contaminación del eyaculado es importante descartar la primera fracción, desprovista de espermatozoides y cargada en bacterias. A partir de aquí podemos coleccionar, solamente la fracción rica, o la fracción total (fracciones 2 y 3)” (p. 10).

Valoración en el laboratorio del material seminal. La evaluación de las características y propiedades del semen para determinar su calidad es un factor fundamental para su conservación en los procesos de inseminación artificial. Según Henríquez (1994), existen dos maneras de llevar a cabo dicha valoración: “a nivel visual o a nivel de laboratorio contando con equipo especializado. A nivel visual se puede hacer según su apariencia (...) la cual se correlaciona con la concentración espermática y con su posible relación de dilución” (p. 17). Gadea (1997) menciona al respecto que:

Tradicionalmente, la calidad del eyaculado ha sido evaluada con el espermiograma clásico, que está basado en la aplicación de una serie de pruebas de una ejecución relativamente simple y que pueden ser realizadas con un coste moderado. En el análisis rutinario se incluye un examen macroscópico y microscópico del eyaculado en los que se mide el volumen, la concentración, la motilidad, el estado del acrosoma y las morfoanomalías espermáticas. (p. 3)

Desde esa misma perspectiva Rivera (2012) enuncia que el semen no deber contar con características anormales antes de usarlo en la inseminación; de igual manera “el transporte, dilución, temperatura de almacenamiento, las fluctuaciones de temperatura y el tiempo transcurrido desde la colección, pueden afectar su vida útil, motilidad y viabilidad” (pp. 5-6). El examen del semen, según Compagnoni et al. (2019) comprende varios procesos en la evaluación del semen “que incluye la medición del volumen, el pH mediante tiras reactivas y la apreciación del olor, el color y el aspecto”; un análisis microscópico en donde “se evalúa la motilidad individual, el recuento celular (concentración), las formas anormales, la vitalidad y el grado de aglutinación de la muestra”, también se pueden utilizar otras clases de evaluaciones complementarias “que ayudan a categorizar la

calidad seminal son el test de resistencia osmótica (ORT, por sus siglas en inglés), la evaluación de la integridad acrosomal y la identificación de gérmenes y antibiograma (pp. 35-36).

Todo este proceso debe ser de dominio del personal inseminador, ya que en el laboratorio, al material seminal se lo somete a evaluaciones para contar con semen de calidad; por lo tanto Lloveras (2020) describe varios factores a tomar en cuenta, por ejemplo, Su poder fecundante dependerá de:

•**Color:** varía de gris a crema según la concentración espermática. Trazas rojas o marrones indican contaminación con sangre o pus.

•**Olor:** si es muy fuerte indica contaminación con orina, secreciones prepuciales o contaminación bacteriana.

•**Motilidad:** Se coloca una gota de semen sobre platina caliente a 37 ºC [sic] al microscopio óptico y se califica en forma semicuantitativa en escala 0 a 5 (0: no motilidad, 5: 100 % de motilidad).

•**Concentración:** con colorímetro o cámara hemocitométrica como se cuentan los glóbulos blancos, conforme a lo detallado por Lloveras (p. 3).

Los aspectos señalados implican una vez más que el personal encargado de los procesos de inseminación debe poseer amplios conocimientos de los procedimientos y de los resultados que pudiera ofrecer el análisis del material seminal. Y más allá esto agregaría un plus a las granjas reproductoras que se dedican a inseminar cerdas donde el propósito más importante en un programa de recolección de semen con niveles de calidad:

la obtención de eyaculados normales y con la menor contaminación posible, a través de un procedimiento sencillo que no sea traumático e injurioso para el verraco (...) Por eso es elemental, durante el proceso de extracción, extremar los cuidados para que el contenido de la bolsa prepucial: orina, restos de semen y secreción glandular, no contamine al eyaculado, tal cual lo describe (Arisnabarreta y Allende, 2017, p. 13).

Estos aspectos evidencian que la intervención del inseminador es crucial, para obtener semen de calidad. Torres et al. (2014) señalan que la inseminación artificial que “se realiza con semen fresco diluido o refrigerado a 16 - 18 ºC, en el mismo día de extracción o almacenado por uno a cinco días (...) a partir de las primeras 24 horas, se produce una merma en los parámetros de calidad seminal” (pp. 1-2).

Si no se tiene en cuenta dicho factor es muy posible que la cerda no quede preñada. Es importante destacar que el material seminal también puede “ser preservado in vitro en forma líquida o congelada, el uso de semen congelado continúa siendo muy limitado con respecto al uso de semen fresco diluido, debido principalmente a su baja fertilidad, como consecuencia de su sensibilidad al frío” (Cuenca y Avellaneda, 2017, p. 3).

En términos generales y a manera de discusión se puede decir que la inseminación artificial continúa siendo un mecanismo biotecnológico, el que según Cueva *et al.* (2005) “se aplica en la producción animal con el fin de aumentar la eficiencia productiva, lograr un mayor progreso genético e incrementar el desempeño reproductivo” (p 145). Desde esa perspectiva constituye un procedimiento fundamental a la hora de pensar en aspectos como el mejoramiento genético que permitirá al productor, como lo indica este mismo autor, “obtener canales de óptima calidad y mejorar los parámetros productivos y reproductivos como porcentaje de fertilidad, número de lechones nacidos, etc.” (p. 145). En su conjunto, se puede decir que inseminar artificialmente es un método de reproducción asistida “que consiste en colocar espermatozoides viables en el tracto reproductivo de una hembra en celo, con el objetivo de lograr una preñez exitosa (...) podemos definir a la IA como la técnica reproductiva la cual es posible extraer semen a un reproductor, diluirlo y conservarlo, con el propósito de llevarlo al lugar ideal del aparato genital de la hembra a fin de fecundarla, realizando esta técnica en el momento oportuno y con el instrumental adecuado (Compagnoni *et al.*, 2019, p. 34). Todo ello en función de que la inseminación asistida porcina consiste, como ya se ha indicado, “en la colecta, el procesamiento, el almacenamiento a bajas temperaturas (15 a 19 °C) de las dosis seminales y posteriormente la introducción en el tracto reproductivo de la hembra con el fin de obtener una concepción y una gestación” (Espíndola, 2020, p. 2).

Lo anterior implica entre otras cosas que es un procedimiento que se debe realizar, de manera cuidadosa, con personal experto y actualizado en el manejo e implementación de este tipo de instrumento biotecnológico. Si no se parte de esos parámetros es muy posible que no se cumpla con

los objetivos reproductivos y de mejoramiento genético que contribuyan al rendimiento de esta industria pecuaria en contextos como el boliviano. Y para lograrlo no sólo es importante la intención sino tener los recursos suficientes que faciliten por una parte, la capacitación y actualización del personal dedicado a la labor de la inseminación artificial, y por la otra, la construcción y adecuación de estructuras que se adapten a las exigencias que conllevan el desarrollo de procesos de inseminación artificial exitosos en la industria porcina.

CONCLUSIONES

La industria porcina es un sector muy importante en la economía boliviana, de ahí la necesidad de desarrollar instrumentos biotecnológicos como la inseminación artificial para asegurar la preñez de las cerdas y con ello aumentar los índices reproductivos, optimizar su rendimiento productivo y desarrollo a todo nivel.

Hay algunos factores humanos que inciden para que la inseminación artificial cumpla su cometido, para que la gestación se consolide y sea efectiva; dentro de ellos mencionamos considerablemente el conocimiento de cada una de las etapas del celo en las cerdas, los pasos correctos para la colecta y valoración del semen y el aseguramiento de la calidad de los espermios y su vida útil. En todos esos elementos es importante que el personal encargado de la inseminación sea apto e idóneo para que se puedan alcanzar los objetivos reproductivos. También es fundamental que este recurso humano se capacite constantemente e investigue nuevas técnicas con el propósito de aumentar los índices de fecundidad de manera efectiva y a un coste razonable. Todo ello redundará en beneficios para la industria porcina y para la región y la sociedad en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arisnabarreta, E. R. y Allende, R. A. (2017). *Manual de inseminación artificial en porcinos*. <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Manual%20de%20inseminacion%20artificial%20en%20porcinos.pdf>
- Cane, F., Pereira, N., Cane, V., Marini, P. y Teijeiro, J. M. (2019). Mejoramiento del porcentaje de parición mediante el uso de inseminación artificial en cerdas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(3), 583-594. <https://doi.org/10.22319/rmcpc.v10i3.4772>
- Carr, J. (2014). *Guía práctica de enfermedades del ganado porcino*. SERVET DISEÑO Y COMUNICACIÓN. https://issuu.com/editorialservet/docs/p39940_guia_enfermedades_porcino_is
- Carrero, H. (2005). *Manual de producción porcícola*. Ministerio de la Protección Social. <https://docplayer.es/2860109-Manual-de-produccion-porcicola.html>
- Ciudad Cantero, C. (1984). Inseminación artificial del ganado porcino. *Hojas divulgativas*, (5), 1-20. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1984_05.pdf
- Compagnoni, M. V., Tittarelli, C. M. y Williams, S. I. (2019). Inseminación artificial en la especie porcina: Dosis inseminante en relación con el lugar de deposición. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 39(2), 33-46. <https://doi.org/10.24215/15142590e041>
- Córdova Jaramillo, M. Y. (2014). *Evaluación de dos sistemas de inseminación artificial: cervical y post cervical en cerdas* [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4448>

- Coronel Tancara, M. H. (2012). *Evaluación de los índices reproductivos de marranas híbridas de 2do, 3ro, 4to y 5to parto, fertilizadas con inseminación artificial y monta natural en la granja "Pork" Tiquipaya – Cochabamba* [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4429/T-1733.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cuenca Condoy, M. y Avellaneda Cevallos, J. (2017). Diluyentes utilizados en inseminación artificial porcina. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(9), 1-11. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63653009012.pdf>
- Cuevas, P., Pedroza, C. y Jiménez, C. (2005). Evaluación de la técnica de inseminación artificial postcervical y su relación con los parámetros reproductivos. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 52(29), 144-155. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/article/view/17846/18756>
- De Alba, R. C. (2013). *La inseminación intrauterina en cerdos: beneficios y riesgos. Avances en tecnología porcina*, 10(101), 16-24.
- Espíndola Vega, G. (2020). *Colecta, dilución e inseminación artificial porcina* [Tesina médico veterinario zootecnista, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio Institucional. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/105771/TesinaGEP06022020.RI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gadea Mateos, J. (1997). *Predicción de la fertilidad "in vivo" de los eyaculados de verraco mediante parámetros rutinarios de contrastación seminal, pruebas bioquímicas y el test homólogo de penetración "in vitro"* [Tesis doctoral, Universidad de Murcia]. TDX (Tesis Doctorals en Xarxa). <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10852/Gadea.pdf>
- Gurri, A. (25 de septiembre de 2020). ¿Es posible aumentar la vida útil de los espermatozoides en porcino? *Porcinocultura*. <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/posible-aumentar-vida-util-t46042.htm>
- Guzmán Guerrero, J. L. (2002). *La inseminación artificial porcina*. Universidad de Huelva. http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/25_13_07_3.1.pdf
- Henríquez Gutiérrez, C.M. (1994). *Inseminación artificial en cerdos usando dos diluyentes y dos centros de recolección de semen* [Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana]. Biblioteca Digital. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3280/1/CPA-1994-T029.pdf>
- Hormachea, S., Giordano, A., Fernández, P. M. B. y Cabodevila, J. (2016). *Inseminación artificial post cervical en cerdas* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires]. RIDAA. <https://ridaa.unicen.edu.ar:8443/server/api/core/bitstreams/6fd28a72-553b-4029-8aa8-731a4c9ed44a/content>
- Hoyos Mesa, M. (2015). *Inseminación tradicional vs pos cervical en cerdas de alto valor genético* [Tesis de grado, Corporación Universitaria Lasallista]. Repositorio Institucional Lasallista. http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1499/1/Inseminacion_tradicional_vs_poscervical.pdf.pdf
- Instituto Nacional de Estadística. (s.f). *Ganadería. Cuadros estadísticos. Bolivia - Hato ganado porcino por Departamento Edad y Sexo*. 1984 – 2021. <https://www.ine.gov.bo/index.php/estadisticas-economicas/ganaderia-y-avicultura/ganaderia-cuadros-estadisticos>
- Lloveras, M. R. (2020). *Pasos para hacer la inseminación artificial en cerdas*. <https://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Pasos%20para%20hacer%20la%20Inseminacion%20Artificial%20en%20Cerdas.pdf>
- López, G. R. E. (2016). *Evaluación del semen porcino sometido a diferentes períodos de enfriamiento y su efecto reproductivo sobre la inseminación intrauterina profunda en cerdas* [Tesis de maestría, Universidad de las Fuerzas Armadas]. Repositorio Dspace. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/12602>
- Luchetti, C. G., Renoulin, E. G. y Lombardo, D. M. (2016). Comparación entre inseminación artificial cervical y post-cervical porcina en nulíparas y múltiparas. *Spermova*, 6(2), 119-122. <https://doi.org/10.18548/aspect/0004.06>
- Macuchapi Huanca Y. V. (2007). *Efecto del Bact – Acid y Bacitracina de zinc como promotores de crecimiento en raciones para cerdos en inicio y crecimiento*. [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/5236>
- Parodi, V. (2013). Ventajas y desventajas de hacer dos siembras en inseminación artificial. *Porcinocultura*. <https://www.engormix.com/fotos/ph21539.htm>
- Quiles, A. y Hevia, M. L. (2009). Detección del celo y momento de la inseminación artificial en cerdas. *Producción animal*, 24(251), 15-23. https://www.researchgate.net/publication/323958598_Deteccion_del_celo_y_momento_de_la_inseminacion_artificial_en_cerdas
- Quirós Rojas, X. M. (2016). *Evaluación de los métodos de inseminación artificial intracervical e intrauterina, sobre parámetros productivos y reproductivos en cerdas primíparas y múltiparas en condiciones tropicales* [Tesis de Ingeniería, Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/2238/9836>
- Rivera Cisneros, M. V. (2012). *Inseminación artificial en cerdas* [Tesis de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2100/1/17T01123.pdf>
- Soto Loya, J. L. (2015). *Manual de prácticas de zootecnia de porcinos*. <https://www.uv.mx/pozarica/cba/files/2017/09/33-Manual-de-practicas-de-zootecnia-de-porcinos.pdf>

CIENCIA ANIMAL

- Torres Midence, R. A., Torrez Quiroz, K. R., Vanegas, D., López Flores, J. y Guevara Moya, L. (2013). *Manual de inseminación artificial porcina*. <https://cenida.una.edu.ni/textos/NL10U58.pdf>
- Torres, P., Fischman, M. L., Acerbo, M., García, C., Míguez, M., Domínguez, J. y Cisale, H. (2014). Análisis de diluyentes comerciales de semen porcino refrigerado durante 4 días: resultados preliminares. *Archivos de Zootecnia*, 63(243), 547-550. <https://doi.org/10.4321/S0004-05922014000300015>

Características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche de vaca producida en la finca Las Mercedes, Managua, Nicaragua

Physicochemical and microbiological characteristics of cow's milk produced at Las Mercedes farm, Managua, Nicaragua

María Nelly Salazar Cerda¹, Claudio Pichardo Hernández², Erick Josué Blandón López³

¹ Ing. Zootecnista, especialista en tecnología de la leche, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8186-7084> / msalazar@ci.una.edu.ni

² MSc. Procesamiento de alimentos, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4294-9591> / claudio.pichardo@ci.una.edu.ni

³ Graduado de la carrera de Ingeniería de Agroindustria de los Alimentos

Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía

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



RESUMEN

Las características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche determinan la calidad de sus productos derivados y su uso en la agroindustria. El objetivo de este estudio se basó en la identificación de las características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche producida en la finca Las Mercedes de la Universidad Nacional Agraria. Se utilizó una muestra de 10 vacas para comparar los resultados con la norma técnica obligatoria nicaragüense para leche cruda. Los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos indican que: los porcentajes de acidez titulable son normales, el valor del pH en el mes de febrero presentó el mejor resultado, sin embargo no logró cumplir con los requisitos mínimos, la densidad presentó un comportamiento normal en los meses de febrero, marzo y abril (1.030 kg L^{-1}), sin embargo, en el mes de mayo se registró un valor por debajo de la norma (1.003 kg L^{-1}); el porcentaje de sólidos totales está por debajo del nivel aceptable, mientras que el porcentaje de sólidos no grasos es normal. El porcentaje de grasa fue normal en abril y mayo; los porcentajes de proteína obtenidos están debajo del promedio que debe presentar la leche, los resultados de la prueba de tiempo de reducción de azul de metileno de la leche la clasificó como tipo B, al presentar una carga microbiana $\leq 1\,000\,000 \text{ UFC ml}^{-1}$. La prueba de mastitis resultó negativa. A pesar de que algunas características de la leche están por debajo de los valores establecidos en la norma técnica obligatoria nicaragüense 03 027-17, la leche podría usarse en procesos agroindustriales.

Palabras clave: especificación técnica, higiene de la leche, control de calidad, agroindustria.

ABSTRACT

The physicochemical and microbiological characteristics of milk determine the quality of milk products and their use in agroindustry. The objective of this study was based on the identification of the physicochemical and microbiological characteristics of milk produced at the Las Mercedes farm of the National Agrarian University. A sample of 10 cows was used to compare the results with the nicaraguan mandatory technical standard for raw milk. The results of the physicochemical and microbiological analyses indicate that the percentages of titratable acidity are normal; the pH value in february showed the best result but did not meet the minimum requirements; the density showed normal behavior in february, march and april (1.030 kg L^{-1}), however, in the month of May a value below the norm was recorded (1.003 kg L^{-1}); the percentage of total solids is below the acceptable level, while the percentage of non-fat solids is normal. The percentage of fat was normal in april and may; the percentages of protein obtained are below the average that milk should present, the results of the methylene blue reduction time test of the milk classified it as type B, presenting a microbial load $\leq 1\,000\,000 \text{ CFU ml}^{-1}$. The mastitis test was negative. Although some characteristics of the milk are below the values established in nicaraguan mandatory technical standard 03 027-17, the milk could be used in agroindustrial processes.

Keywords: Technical specification, milk hygiene, quality control, agroindustry.

Recibido: 10 de mayo del 2023
Aceptado: 25 de junio del 2023



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

AGROINDUSTRIA

La caracterización fisicoquímica y microbiológicas de la leche cruda de ganado bovino permiten conocer datos representativos de cada uno de sus componentes, lo que permite aplicar ciertos cambios en la alimentación del ganado lechero para mejorar la composición de los porcentajes de grasa y proteína, si es que éstas no llegan a cumplir con los parámetros establecidos según la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para leche cruda (NTON 03 027-17).

Araneda (2022) afirma que la composición química de la leche depende de muchos factores, como la raza, la variedad de animales, la edad, el período de lactancia, la estación del año, la nutrición, el tiempo de ordeño, el tiempo entre lactancias, las condiciones fisiológicas (por ejemplo, vacas tranquilas o estresadas), el estado sanitario y uso o no de medicamentos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2023) indica que "La calidad de la leche cruda es el principal factor determinante de la calidad de los productos lácteos. No es posible obtener productos lácteos de buena calidad sino [sic] de leche cruda de buena calidad" (parr. 1).

Armas (2017) indica que la calidad de la leche puede considerarse desde dos aspectos esenciales que no son independientes uno del otro, la calidad química, que está conformada por su composición, características sensoriales, fisicoquímicas y su valor nutritivo, y la calidad higiénica de la leche, asociada a la cantidad y tipo de microorganismos, con la flora inocua y productora de enzimas termo resistentes, es decir, microorganismos benéficos y patógenos respectivamente.

El análisis de los factores que determinan la calidad en la leche permite detectar cuál o cuáles de los parámetros establecidos en las normativas no se está cumpliendo, y así poder desarrollar medidas y/o actividades para mejorar la composición de la leche, de esta forma la leche pueda ser apta para consumo humano, y de igual manera, para la elaboración de derivados lácteos de buena calidad en la agro-industrialización.

Este trabajo fue realizado en la finca Las Mercedes, propiedad de la Universidad Nacional Agraria en Managua, Nicaragua, tomando una muestra de 10 vacas y considerando los factores que influyen en la composición de la leche. La realización de este estudio es debido a que no existe precedentes de evaluación de factores que determinan la calidad de la leche en la finca Las Mercedes que sirvan como punto de partida para considerar mejoras en el sistema productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación, etapas y período del estudio. La investigación se realizó en la Universidad Nacional Agraria (UNA) en Managua, Nicaragua. El proceso se desarrolló en tres etapas: 1) obtención de la materia prima (leche de vaca) en

la finca Las Mercedes propiedad de la UNA (12°09'24'' LN y 86°10'15'' LO), 2) prueba de tiempo de reducción de azul de metileno en el laboratorio de microbiología y 3) pruebas fisicoquímicas en el laboratorio de fisiología vegetal; las etapas 2 y 3 se desarrollaron en las instalaciones de la universidad (12°08'51'' LN y 86°09'50'' LO), en la Facultad de Agronomía. Esta investigación se realizó en el 2022 durante el período de la época seca (febrero, marzo y abril) e inicio del período lluvioso (mayo).

Tipo de investigación. La investigación es no experimental de tipo descriptivo, se fundamenta en la evaluación de la calidad de la leche producida por el ganado bovino de la finca Las Mercedes.

Organización de los datos. Se consideraron siete factores que inciden en la composición de la leche: porcentaje de acidez, pH, densidad relativa de la leche, porcentaje de sólidos totales, porcentaje de sólidos no grasos, porcentaje de grasa y porcentaje de proteína. Se muestrearon 10 vacas, cinco de la raza Pardo/Brahmán, tres Holstein, un Pardo y un Brahmán. La cantidad de la muestra fue de un litro por vaca para el análisis de laboratorio.

Muestreo. Se obtuvo un litro de leche de cada individuo, tomando en cuenta la producción de leche individual; las muestras fueron obtenidas inmediatamente después del ordeño de cada vaca, para luego obtener muestras únicas de las cuatro razas en muestreo. Se consideró una repetición por muestra en un período de 13 semanas, para un total de 130 datos

Análisis de laboratorio. Esta etapa consistió en la realización de los análisis físicos, químicos y microbiológicos a las muestras de leche obtenida para determinar si las características son óptimas para la transformación según lo establecido en la NTON 03 027-17. Los análisis se realizaron una vez por semana a las 10 muestras de leche obtenidas, durante las 13 semanas de estudio.

Pruebas fisicoquímicas y microbiológicas. Las siguientes pruebas fisicoquímicas y microbiológicas se realizaron para hacer una comparación con las normas sanitarias vigente en el país.

Porcentaje de acidez titulable (ATECAL). La determinación de acidez titulable se realizó tomando en cuenta el procedimiento descrito por Alduvin y León (2006) según la siguiente ecuación:

$$\%ATECAL = \frac{(VNaOH)(0.009)}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

AGROINDUSTRIA

Donde VNaOH es el volumen de hidróxido de sodio consumido y 0.009 corresponde al coeficiente de ácido láctico

pH. Para la determinación de pH se realizó el procedimiento basado en la metodología descrita por Artica (2014).

Densidad de la leche. La prueba de densidad de la leche se realizó según la metodología descrita por Revilla (1995) considerando la lectura corregida según la siguiente ecuación:

$$LC = \text{Densidad} - 0.0002(15^\circ\text{C} - T^\circ)$$

Donde:

LC: Lectura corregida del lactodensímetro

0.0002: Factor de corrección

T°: Temperatura de la leche

Porcentaje de sólidos totales. Para la determinación de sólidos totales se hará uso de la fórmula de Richmond, modificada por Kirk *et al.* (1999), como lo cita Vanegas y Martínez (2011).

$$\%ST = (0.25 \times D) + (1.21)(G) + 0.66$$

Donde %S es porcentaje de sólidos totales, D es la densidad de la leche, G es el porcentaje de grasa de la leche.

Porcentaje de sólidos no grasos. Esta variable se determinó según la fórmula simplificada de Babcock como lo indica la Universidad de Zulia (2018).

$$\%SNG = (0.25 \times D) + (0.22)(G) + 0.55$$

Donde %SNG es porcentaje de sólidos no grasos, D corresponde a es la densidad de la leche, G es el porcentaje de grasa de la leche.

Determinación de porcentaje grasa. La determinación de la grasa láctea de la leche se realizó por el método Babcock según el procedimiento basado en la metodología utilizada por Artica (2014).

Determinación de proteínas. La determinación de Proteínas de la leche se realizó por el método Kjeldahl, con el procedimiento basado en la metodología utilizada por Artica (2014).

$$\% \text{ Proteínas totales} = \% \text{ de nitrógeno proteico} \times 6.38$$

Tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM). Para realizar la prueba de azul de metileno o prueba de la reductasa se utilizó la metodología descrita por Revilla (1995).

Prueba de mastitis. La prueba de mastitis se basa en poder realizar una evaluación cualitativa de los microorganismos presentes en la ubre de la vaca, metodología descrita por Revilla (1995).

Organización y análisis de datos. Para la selección de las vacas se consideraron los siguientes aspectos: edad, número de chapa, raza y fecha de parto. Seguidamente se realizó la recolección y se registró la cantidad de leche ordeñada por individuo y simultáneamente se realizó la prueba de mastitis. Los datos de las evaluaciones fisicoquímicas fueron anotados para realizar los cálculos de corrección e ingresarlos en una hoja de cálculo en Excel del programa informático Microsoft Office; la información se ordenó según las fechas de muestreo y el análisis se hizo con el programa estadístico Infostat, donde se realizó una estadística descriptiva para ver el comportamiento y la variabilidad de los datos respecto a lo indicado por la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2017), en la NTON 03 027-17.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de acidez titulable (ATECAL). Los porcentajes de acidez titulable promedio mensual corresponden a 0.15 % para febrero y marzo, y 0.16 % para abril y mayo; estos valores indica que su nivel de acidez está dentro del rango normal. La Universidad de Zulia (2018) explica que, cuando la acidez es más alta de lo normal, es un indicativo de que la población bacteriana es mayor, lo que altera la acidez de la leche. El rango de porcentaje de la acidez de la leche cruda según la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2017), en la NTON 03 027-17, debe estar entre 0.13 %-0.17 %. Por tanto, puede decirse que la acidez obtenida se mantiene a niveles aceptables (Figura 1).

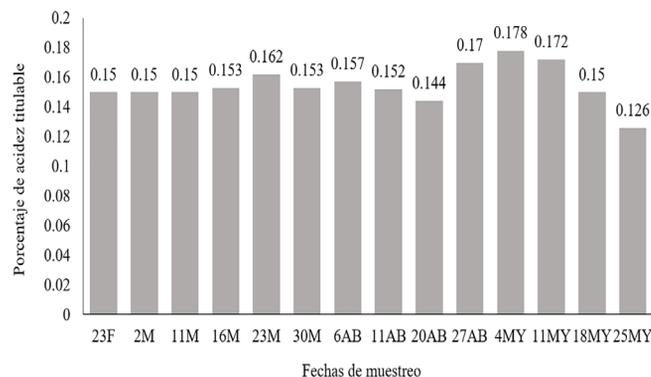


Figura 1. Porcentaje de acidez titulable según fecha de muestreo.

pH. En la Figura 2 se observan los valores de pH de la leche que oscilan entre 4 y 6.2. Los valores promedios por mes corresponden a 6.25 en febrero, 5.89 en marzo, 5.87 en abril y 5.85 en mayo; estos valores se clasifican como bajos respecto

AGROINDUSTRIA

al rango de pH de 6.6 a 6.8 establecidos por la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2017), en la NTON 03 027-17, en el caso de leche cruda.

Esto puede deberse a la cantidad de horas transcurridas (cuatro horas) desde el ordeño hasta el ingreso en el laboratorio, ya que durante este tiempo, los microorganismos presentes en las muestras de leche (principalmente bacterias) fermentan el azúcar (lactosa) y lo transforman a ácido láctico u otros ácidos orgánicos que tienden a disminuir el pH de la leche, también la temperatura de la leche juega un papel importante, como lo indica Parada (2021), donde pH de la leche disminuye 0.01 unidades por cada 1 °C que aumente la temperatura.

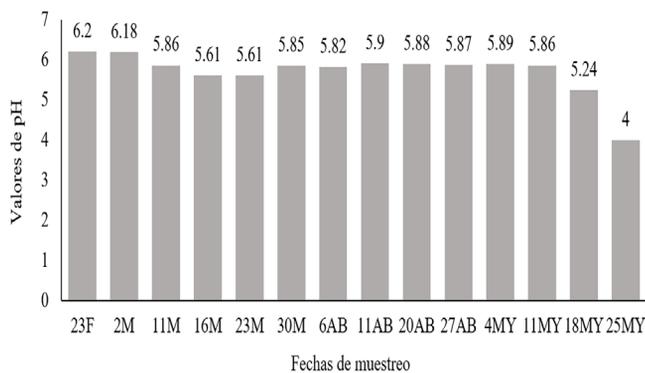


Figura 2. Valores de pH de la leche según momento de muestreo.

Densidad de la leche. Los valores promedio mensuales de la densidad en leche fueron de 1.031 kg L⁻¹ para febrero, 1.030 kg L⁻¹ para marzo y abril y 1.003 kg L⁻¹ en mayo; estos valores se encuentran dentro del rango normal (1.029 kg L⁻¹ - 1.033 kg L⁻¹) establecido por la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2017), en la NTON 03 027-17, excepto los registrados en mayo. Calderón et al. (2007), reportan valores de densidad entre 1030 a 1033 g ml⁻¹ (1.030 kg L⁻¹ – 1.033 kg L⁻¹) en el 77.9 de las muestras, valores menores a 1030 g ml⁻¹ (1.030 kg L⁻¹) en el 17.2 % y mayores a 1030 g ml⁻¹ (1.030 kg L⁻¹) en el 4.9 % de las muestras.

El valor promedio de la densidad de la leche puede verse afectado por diversos factores, ya sea por adulteraciones de la leche, el tiempo transcurrido después del ordeño, la temperatura al momento de la determinación; Periago (s.f.), explica que después del ordeño este parámetro adquiere su valor más bajo, aumentando después lentamente. A esto se le conoce como fenómeno de Recknagel, y depende de la lenta solidificación de la grasa. Este resultado obtenido indica que se mantiene a un nivel aceptable, según se muestra en la Figura 3.

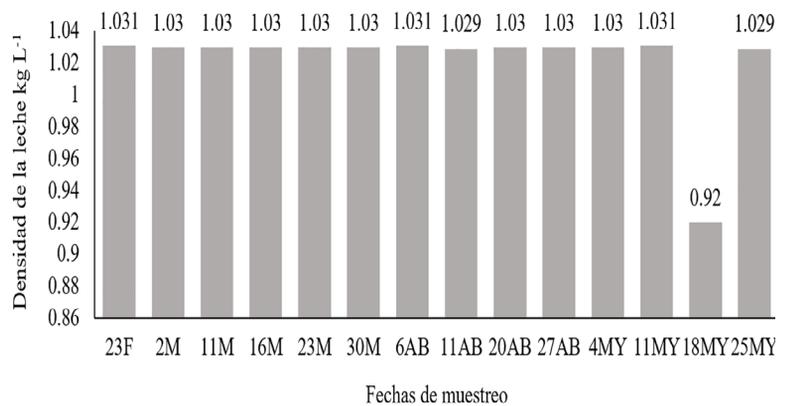


Figura 3. Densidad de la leche (kg L⁻¹) según momento de muestreo.

Porcentaje de sólidos totales. Los porcentajes promedio de sólidos totales fueron de 9.38 % para el mes de febrero y marzo, 11.07 % para el mes de abril y 10.93 % para el mes de mayo, lo que indica que los porcentajes obtenidos en los momentos de muestreo se sitúan por debajo del valor mínimo (11.5 %) establecidos por la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2017) en la NTON 03 027-17.

Se sabe que los sólidos totales es la sumatoria de cuatro componentes (lactosa, proteínas, minerales y grasa). Campabadal (1999) explica, que el factor más influyente en el porcentaje de sólidos totales en leche es el porcentaje de grasa, al ser el componente más variable que tiene este producto; los porcentajes de grasa pueden variar de dos a tres unidades, el de proteína de 0.1 a 0.3 unidades, mientras que el contenido de lactosa y minerales es bastante constante. Estos resultados pueden evidenciarse al existir poco porcentaje de grasa y de proteínas en las muestras de leche (Figura 4). En el caso de las muestras de febrero y marzo que presentan valores por debajo del rango normal, el producto tendría una influencia negativa en los rendimientos posterior al proceso de transformación agroindustrial, no así en la calidad.

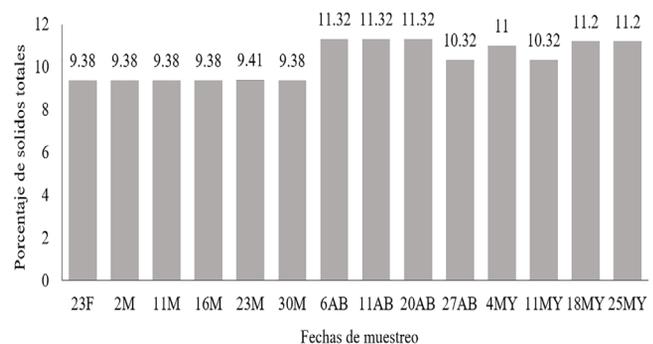


Figura 4. Comportamiento de los sólidos totales de la leche por fecha.

AGROINDUSTRIA

Porcentaje de sólidos no grasos. En la Figura 5 se presentan valores entre 8.45 % y 8.9 %. Los porcentajes promedios mensuales de sólidos no grasos fueron de 8.6 % en febrero, 8.74 % en marzo, 8.64 % para abril y 8.65 % para mayo, valores dentro de lo establecido (8.3 %) por la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2017) en la NTON 03 027-17. Debe considerarse que el porcentaje de grasa representa el 30 % del total de los sólidos en la leche; al existir un valor bajo en el porcentaje de grasa, se obtiene un alto valor del porcentaje de sólidos no grasos.

Calderón *et al.* (2007), reportaron valores medios de porcentaje de sólidos no grasos igual a 8.38 %.

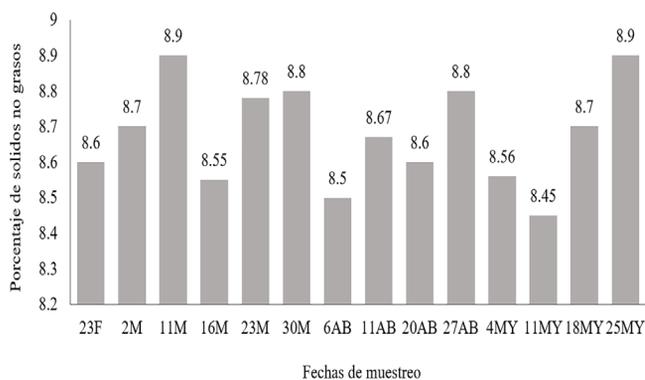


Figura 5. Porcentaje de sólidos no grasos en la leche, según momento de muestreo.

Porcentaje grasa. En la Figura 6 se observa un comportamiento ascendente del porcentaje de grasa según momento de muestreo. Los porcentajes varían desde 2.27 % en febrero, hasta 4.9 % en mayo. Los valores promedios mensuales en febrero y marzo (2.27 %) están por debajo de los límites reconocidos por la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2017), sin embargo, en abril (3.25 %) y mayo (4.9 %) los valores alcanzan niveles normales. El aumento en los valores resulta, de una suplementación en la alimentación producto de las recomendaciones realizadas a partir de los resultados en las primeras muestras. Según Munguía (2010), el porcentaje de grasa está determinado por factores como la alimentación, el clima, la raza, la edad, el estado de salud y el período de lactancia.

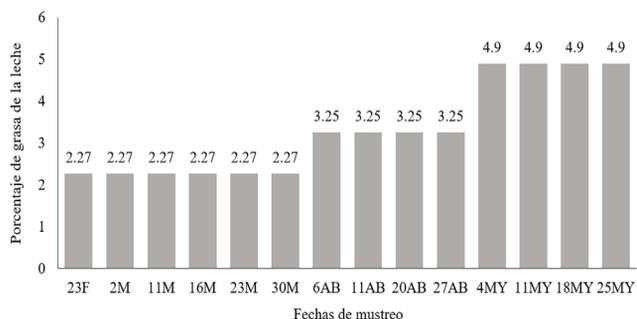


Figura 6. Porcentaje de grasa de la leche según momento de muestreo.

Porcentaje de proteínas. En la Figura 7 se muestran los porcentajes de proteína, estos oscilan entre 2.14 % y 2.35 %. De acuerdo a los meses de muestreo se registró un promedio de 2.14 % para febrero y marzo, en cambio en abril se registra 2.27 % y 2.35 % en mayo. Según la FAO (s.f.), en la leche cruda las proteínas constituyen un 3.5 %. Hernández (s.f), explica que los porcentajes de proteína son más altos durante la época lluviosa respecto a la época seca, debido a la disponibilidad y calidad en los alimentos y las condiciones climáticas donde se maneja el ganado; así se cita en Guerrero y Rodríguez (2010).

Aunque en mayo se registra el porcentaje más alto, este valor está por debajo de lo establecido por la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2012), en la NTON 03 034-11.

Es importante conocer los parámetros que miden la calidad de la leche cruda, debido a su uso como materia prima en la agro-industrialización.

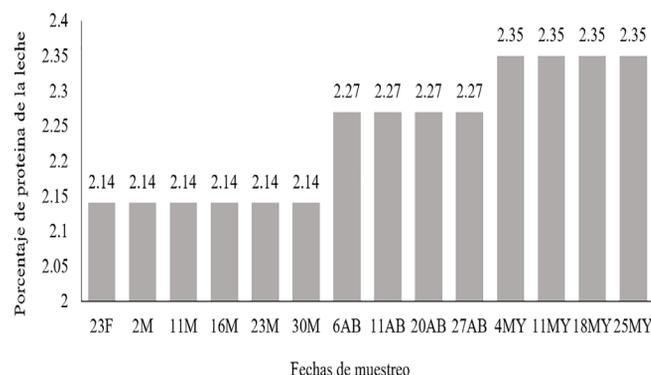


Figura 7. Porcentaje de proteína de la leche según momento de muestreo.

Tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM). El promedio del TRAM es de 3.2 horas para el mes de febrero y marzo, 3.18 horas en abril y 2.68 horas en mayo; esto indica que la leche tiene una carga microbiana $\leq 1\ 000\ 000$ UFC ml⁻¹ (unidades formadoras de colonias por mililitro), valor que permite clasificar a la leche del tipo B, y considerarla como materia prima en varios procesos agroindustriales.

Los principales factores que influyen que el tiempo de reducción de azul de metileno sea menor son la limpieza de la sala de ordeño, la higiene del ordeño, la limpieza de las ubres (Revilla, 1995), ya que al no realizar una buena limpieza, las bacterias que se encuentran principalmente en las heces del ganado caen al recipiente con el que se realiza el ordeño, produciendo la contaminación de la leche; el tiempo transcurrido después del ordeño, aumenta la carga bacteriana, teniendo leche de baja calidad. En la Figura 8 se presentan los valores por momento de muestreo, los que son considerados como aceptables según lo indica la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2017) en la NTON 03 027-17.

AGROINDUSTRIA

Menor tiempo en la decoloración del azul de metileno, revela que la carga microbiana es mayor, lo que indica que la leche es de menor calidad, y su uso no debería generalizarse en todos los procesos agroindustriales.

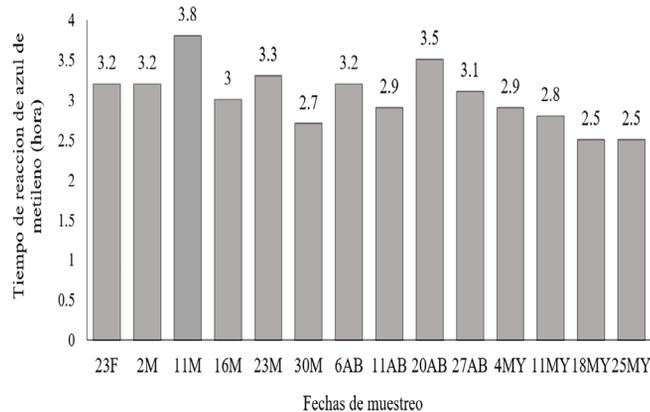


Figura 8. Tiempo de reducción de azul de metileno (horas).

Prueba de mastitis. Los resultados obtenidos en la prueba de mastitis fueron negativos, lo que resulta satisfactorios, ya que no se detectó formación de gel o cambio de color; se observó la formación de trazas. Mellenberger, (2000), explican que cuando un resultado es negativo la cantidad de células somáticas se sitúa entre 0 y 200 000 y cuando se presentan trazas el rango de células somáticas está entre 200 000 y 400 000, como lo cita Rivera, (2014). Debido a que las muestras fueron colectadas de las mejores vacas, durante el período de lactancia y con los cuidados realizados al momento de los muestreos, los resultados se consideran normales. En la Figura 9 se observa el resultado de la prueba de mastitis.



Figura 9. Muestra para la prueba de mastitis.

CONCLUSIONES

Las características fisicoquímicas de las muestras de leche indican que el porcentaje de acidez titulable es normal, los valores de pH un poco por debajo del rango aceptable, la densidad de la leche disminuye a partir del inicio de la época lluviosa, los niveles del porcentaje de sólidos totales se registran un poco por debajo de lo normal, el porcentaje de sólidos no graso se sitúa en niveles normales, el porcentaje de grasa en el rango normal en los meses de abril y mayo, no así en las primeras épocas de muestreo; los valores del porcentaje de proteína se registraron por debajo de lo normal, con respecto a las características microbiológicas, el tiempo de reacción al azul de metileno es normal y se presenta una reacción negativa a la prueba de mastitis.

La leche producida en la finca Las Mercedes, por sus características fisicoquímicas y microbiológicas, es una materia prima que puede ser utilizada en algunos procesos de transformación agroindustrial, ya que podría incidir en la vida útil y rendimiento de los productos elaborados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alduvin Cáceres, D. y León Cáceres, M. J. (2006). *Caracterización de la Calidad de la Leche Fresca producida en los municipios Matiguás, Río Blanco, Paiwas y Muy Muy del departamento de Matagalpa, en el mes de Enero del 2006* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-León]. Repositorio Institucional. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/retrieve/5055>
- Araneda, M. (9 de junio de 2022). *Leche y derivados. Composición y propiedades*. <https://www.edualimentaria.com/leche-y-derivados-composicion-y-propiedades>
- Armas Alba, S. (2017). *Determinación de parámetros fisicoquímicos en leche* [Tesis de Licenciatura, Universidad de La Laguna]. RIULL Repositorio Institucional. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/6815/Determinacion%20de%20parametros%20fisicoquimicos%20en%20leche.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Artica Mallqui, L. (2014). *Métodos para el análisis fisicoquímico de la leche y derivados lácteos* (2. ed.). Libros y editoriales, TEIA. <https://luisartica.files.wordpress.com/2011/11/metodos-de-analisis-de-leche-2014.pdf>
- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2017). *Leche y productos lácteos. Leche cruda (vaca). Especificaciones. Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense. Norma Técnica N°. NTON 03 027- 17*. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/3133c0d121ea3897062568a1005e0f89/22313562f0e0c3ae0625821800614b85?OpenDocument>

AGROINDUSTRIA

- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2012). *Leche pasteurizada. Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense. Norma Técnica* N°. NTON 03 034- 11. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/b92aaea87dac762406257265005d21f7/bf3c4be7493f040306257a4f00790ce0?OpenDocument>
- Calderón R, A., Rodríguez R, V. y Vélez R, S. (2017). Evaluación de la calidad de leches en cuatro procesadoras de quesos en el municipio de montería, Colombia. *Rev.MVZ Córdoba*, 12(1), 912-920. <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v12n1/v12n1a06.pdf>
- Campabadal, C. (1999). Factores que afectan el contenido de sólidos en leche. *Nutrición Animal Tropical*, 5(1), 67-92. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/11103>
- Guerrero Ortiz, J. y Rodríguez Castillo, P. A. (2010). *Características físicoquímicas de la leche y su variación. Estudio de caso, Empresa de lácteos El Colonial, León, Nicaragua* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1399/1/tnq04g934.pdf>
- Munguía Ortega, J. L. (2010). *Manual de procedimientos para análisis de calidad de la leche. Cuenta Reto del Milenio y TechnoServec*. https://www.academia.edu/9408795/20_Manual_de_Procedimientos_para_Analisis_de_calidad_de_la_Leche
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (23 de mayo de 2023). *Calidad y evaluación*. <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/calidad-y-evaluacion/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s.f.). *Composición de la leche. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/composicion-de-la-leche/es/#:~:text=Leche%20de%20vaca%3A%20las%20grasas,vaca%20var%C3%ADa%20seg%C3%BAAn%20la%20raza>
- Parada, I. (1 de abril de 2021). *¿Cuál es el pH de la leche?* YuBrain. <https://www.yubrain.com/ciencia/quimica/cual-es-el-ph-de-la-leche/>
- Periago, M. (s.f.). *Higiene, inspección y control de calidad de la leche. Universidad de Murcia*. <https://www.um.es/documents/4874468/10812050/tema-2.pdf/8e36eac7-23f1-45ed-b671-df6c03c4d467#:~:text=Existen%20muchas%20causas%20que%20act%C3%BAan,centrifugaci%C3%B3n%20y%20otras%20operaciones%20tecnol%C3%B3gicas>
- Revilla, A. (1995). Computo de coliformes. En A. Revilla, y H. Barletta (Ed.), *Industria Láctea; curso práctico* (2ª ed.). Zamorano Academic Press.
- Rivera Suárez, A. M. (2014). *Determinación de la prevalencia de mastitis subclínica en ganado Reyna, Rancho Los Perianos, Nandaime, Granada* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/2741/1/tnl73r621.pdf>
- Universidad de Zulia (2018). *Determinación del contenido de sólidos totales y grasa*. https://nanopdf.com/download/determinacion-del-contenido-de-solidos-totales-y-grasa_pdf
- Vanegas, D. y Martínez, M. (2011). Determinación de parámetros físicoquímicos y microbiológicos de la leche en el municipio de Chipaque Cundinamarca y su comercialización (Colombia). *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 2(2), 92-115. <https://doi.org/10.22579/22484817.587>

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, publicaciones, actividades académicas, encuentros y demás experiencias 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.

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 evaluación se fundamenta en criterios definidos por la revista.

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 propósitos 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 opiniones, foros y debates de prácticas innovadoras, nuevas tecnologías, sistemas de cultivo y de fincas, agro-forestería, forestería comunitaria, manejo de RRNN, ganadería en sus diversos componentes, medicina veterinaria, evaluaciones socioeconómicas, desarrollo rural, 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 artículos deben ser inéditos y en casos excepcionales, versiones adaptadas de publicaciones anteriores. El autor deberá acompañar sus artículos con una carta de solicitud 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 (indicando la versión respectiva) y mediante el sistema operativo Windows o sistemas compatibles. Los escritos deben presentarse a espacio sencillo con márgenes reglamentarios, con las páginas numeradas y con una indicación del orden de los cuadros, figuras (gráficos), fotografías, e ilustraciones que contengan. Cada cuadro, gráfico o ilustración deberá tener su propia leyenda.

Las propuestas deben ser identificados con el nombre del autor (nombres y apellidos), filiación, número ORCID (<https://orcid.org/>) y correo electrónico.

De otras formas de publicación. Todos los artículos a publicar en la revista deberán ser enviados al editor principal en formato electrónico, según las especificaciones en el punto anterior. Deben presentarse a espacio sencillo con márgenes de 2.5 cm de cada lado, y acompañado de material gráfico de calidad, cuadros y figuras originales.

De la estructura. Los escritos – en dependencia del género – deben tener una longitud de entre una y 10 páginas (incluye el resumen, abstract y las referencias bibliográficas). La longitud de los artículos será considerada por el comité editorial y serán éste comité quien decidirá su publicación, incluso si el trabajo se divide para publicaciones sucesivas de la revista.

Los márgenes en las páginas del escrito deberán ser de 2.5 centímetro en los cuatro lados. Las páginas deberán estar numeradas ordinalmente (1, 2, 3...). El tamaño de la hoja debe corresponder al diseño carta (21.59 cm por 27.94 cm). Tipo y tamaño de la letra: Times New Roman, 10. El resumen, abstract, títulos y notas de figuras y cuadros, así como las referencias bibliográficas con tamaño de letra nueve.

Del estilo. Se recomienda usar un lenguaje sencillo, títulos cortos, subtítulos, párrafos cortos y evitar el uso de oraciones subordinadas largas.

El autor del artículo es responsable del contenido del mismo. El escrito debe ser claro y no contener errores de ortografía, gramática y puntuación. El comité técnico no es

GUÍA PARA COLABORADORES

responsable de correcciones ortográficas, gramaticales y de puntuación. El escrito será recibido y aceptado por el comité 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 Time 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 del 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 hasta la fecha, 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. Extensión máxima de 10 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 utilizara una unidad local, se deberá colocar entre paréntesis una unidad de equivalencia internacional, e.g., 10 mz (7.03 ha). Para consultar el SI favor visitar la página:
http://www.cem.es/cem/es_ES/metrologia/sistemaunidades_basicas.jsp?op=sistemaunidades_basicas

Del contenido de los artículos científicos. Los artículos deben contener los siguientes aspectos:

Título. Se debe usar título claro, corto, que no exceda las 15 palabras y que refleje el contenido del texto. 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 trabajo o estudio. Indique número ORCID y correos electrónicos. La lista de autores se ubica inmediatamente después del título y alineados a la izquierda con tamaño de letra 10.

Resumen. Debe incluirse resumen en español e inglés (abstract), utilice un solo párrafo, con un máximo de 300 palabras cada uno, en las cuales se exprese el por qué y cómo se hizo el estudio. El resumen debe incluir los aspectos más importantes del trabajo: su justificación e importancia, 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 este capítulo debe ser congruente con la que se presente en los demás capítulos del artículo.

Palabras clave. Se ubican inmediatamente debajo de la última línea del resumen. Pueden ser palabras o frases cortas (entre cuatro y ocho). Pueden ser frases y su objetivo es facilitar la búsqueda bibliográfica en bases de datos computarizados o publicaciones que recogen el artículo condensado (Abstracts). Deben seleccionarse palabras que identifiquen el artículo. Estas palabras clave deben ser diferentes a las que aparecen en el título del artículo

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.). Hay algunas abreviaturas que son de dominio de la comunidad científica, por tanto, no es necesario incluirlas en el listado.

GUÍA PARA COLABORADORES

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 artículo. 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 y los objetivos planteados del trabajo.

Materiales y métodos. Se debe describir los materiales y procedimientos utilizados, las medidas y unidades de las variables, así como el tratamiento estadístico, si lo hubiera. Es necesario aportar la información suficiente de cada variable, de manera que cualquier investigador pueda repetir el estudio. La información de este capítulo debe ser congruente con los objetivos planteados. Anotar los modelos y marcas de los instrumentos utilizados (incluyendo país de fabricación). 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 o graficas). La información de resultados debe presentarse en forma clara y entendible, 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 los 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; o bien, incorporar sub-capítulos de sugerencias o recomendaciones.

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 los capítulos respectivos. Debe evitarse las explicaciones extensas a diferencias numéricas que 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.

Conclusiones. Indicar de manera categórica, breve y precisa los aportes concretos al conocimiento apoyadas 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 7 (American Psychological Association) versión 7.

Las referencias bibliográficas deben contener la siguiente información:

DOCUMENTOS IMPRESOS Autor: apellido(s) e inicial(es) del nombre). /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). /editorial.

LIBROS: Apellido, inicial del nombre. (año de publicación). *Título del libro:* Sub título (edición a partir de la segunda). Ciudad de publicación: Editorial.

Bendaña, G. (1998). *Problemas ecológicos globales: ¿el principio del fin de la especie humana?* (2a ed.). ARDISA.

Pérez, F., Barrera, O., Peláez, A. y Lorío, G. (2010). *Turismo Rural Comunitario, como Alternativa de Reducción de la Pobreza Rural en Centroamérica*. Nitlapan–UCA.

GUÍA PARA COLABORADORES

CAPÍTULO DE LIBRO: Apellido, inicial del nombre del autor del capítulo. (año de publicación). Título del capítulo. En iniciales del nombre, seguido de los apellidos del editor, Título del libro (paginas utilizadas). Primera editorial; Segunda editorial

Carlier, J., Fouré, E., Gauhl, F., Jones, D. R., Lepoivre, P., Mourichon, X., Pasberggauh, C. y 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 grado, 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 grado]. Universidad Nacional Agraria.

PUBLICACIONES PERIÓDICAS Autor apellido(s) e inicial(es) del nombre. /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, Inicial nombre. (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: Apellidos, Iniciales nombre 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, inicial del nombre (es). (Año de publicación). Título del artículo de la revista. Nombre de la revista. Vol. (No.), páginas. DOI

Zeledón C, I., Jiménez-Martínez, E., Ortiz B, H. y Rojas V, B. (2020). Fluctuación poblacional, hospederos, fecundidad y ciclo de vida del pulgón amarillo [*Melanaphis sacchari* (Zehntner)] en sorgo [*Sorghum bicolor* L. Moench] en Nicaragua. *La Calera*, 20(35), 88-94. <https://doi.org/10.5377/calera.v20i35.10303>

ARTÍCULO DE REVISTA EN LÍNEA: Apellido, Inicial nombre. (mes, año). Título del artículo. *Nombre de la Revista*, Vol.(No.). URL Alemán Zeledón, F. y Lovo Jerez, S. M. (2017). Prácticas y acciones de investigación y extensión presentes en el currículo de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria. *La Calera*, 17(29). <http://lactalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/309/333>

TESIS DE UNA BASE DE DATOS INSTITUCIONAL: Apellido, Inicial nombre. (año). Título del trabajo [Tipo de tesis, institución]. Base de datos. URL

Martínez, K. I. (2018). Identificación de la problemática en la exportación del cultivo de plátano, en el departamento de Rivas, Nicaragua septiembre – noviembre 2018 [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/3843/1/tne71m385.pdf>

GUÍA PARA COLABORADORES

ARTÍCULO DE PERIÓDICO EN LÍNEA: Apellido, Inicial nombre. (día, mes y año de publicación). Título del artículo. Nombre del Diario. <http://www.xxx.xxx>

Vásquez Lario, M. (6 de septiembre de 2017). Señala a Juez de tramitarle cedula. *La Prensa*. <https://www.infobae.com/america/portadas/2017/09/06/la-prensa-nicaragua-miercoles-06-de-septiembre-de-2017>

SITIO O PAGINA WEB: Autor, A. (año, mes día). Título del documento en cursiva. Nombre del sitio. <http://xxxxxxxxx>

Normas APA. (2019, septiembre 26). *Formato de documento con normas APA*. <http://normasapa.com/formato-apa-presentacion-trabajos-escritos>

SOFTWARE: Apellido, Inicial nombre. (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/bvjhfl>

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 proporcione: Las iniciales y el apellido del emisor, así como una fecha exacta como sea posible.

Iniciales nombre. Apellido del emisor (comunicación personal, día de mes, año).

R.C. Larios (comunicación personal, 18 de abril, 2018) declaró que su...

(A.N. Ortiz, Aragón, comunicación personal, 28 de septiembre, 2018).

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 (hasta cinco autores) se escriben los apellidos de todos los autores la primera vez que se les cite en el trabajo, en las citas posteriores utilice et al. Los artículos del mismo autor se citan cronológicamente (González, 2015 y 2016). Artículos del mismo autor publicados el mismo año se citan alfabéticamente (García, 2018 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: <http://www.apastyle.org/>

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 quedará al criterio del comité editorial tomarlas en cuenta a la hora de la publicación del artículo, sobre todo cuando éstas estén bien explícitas, claras y bien fundamentadas.

Otros. Los encabezados o subtítulos (MATERIALES Y MÉTODOS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN, etc.), se deben escribir en letra mayúscula, y centrados. Puede utilizarse un segundo nivel para subtítulos, para ello se escriben en letra minúscula, utilizando negrilla y utilizando punto y seguido para el contenido. No se debe enunciar el encabezado INTRODUCCIÓN ya que ésta sección marca el inicio del artículo.



LACALERA

contenido

CIENCIA DE LAS PLANTAS

DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES BACTERIANAS EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) Y SENSIBILIDAD *in vitro* A BACTERICIDAS DE USO AGRÍCOLA. Edwin Eliezar Cuadra Arauz, Yolanda Yanet Gutiérrez Gaitán, Isaías Ezequiel Sánchez Gómez, Sandra Patricia Contreras Estrada

EFFECTO DEL NITRÓGENO Y AMINOÁCIDOS LIBRES EN LAS POBLACIONES DE TRIPS (INSECTA: THYSANOPTERA) EN EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus vulgaris* L.). Claudia E. Toledo-Perdomo, Maribel A. González T., Antonieta Guadalupe Rodas

DETECCIÓN DE *Candidatus Liberibacter asiaticus* Y FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Diaphorina citri* KUWAYAMA (HEMIPTERIA: LIVIIDAE) EN VIVEROS DE CÍTRICOS DE MASAYA, NICARAGUA. Carlos Joel Melgara Maradiaga, Jorge Ulises Blandón Díaz

RECURSOS NATURALES

ASOCIOS DE CULTIVOS EN CAMELLONES PREHISPÁNICOS Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO. Moisés Agustín Blanco Navarro, Bryan Mendieta, Lester Rocha

CARBONO ALMACENADO EN SISTEMAS AGROFORESTALES CON CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN TRES MUNICIPIOS DE BOACO, NICARAGUA. Edwin Freddy Ortega Tórrez, Rodolfo de Jesús Munguía Hernández, Jorge Ulises Blandón Díaz

MALFORMACIONES CONGÉNITAS EN EMBRIONES Y NEONATOS DE LA TORTUGA MARINA PASLAMA (*Lepidochelys olivácea*, ESCHSCHOLTZ, 1829) RELOCALIZADOS EN VIVEROS. Alessandro Gómez-Santana, Oscar González-Quiroz

AGROSOCIOECONOMIA

IMPACT ANALYSIS, RISK PERCEPTION AND ADOPTION OF MITIGATION STRATEGIES AMONG FARMERS IN NIGER STATE, NIGERIA, AFRICA. Adedayo Olufemi Adekunle, Rapheal Olanrewaju Babatunde, Matthew Durojaiye Ayeni

DESARROLLO RURAL

CAMBIO CLIMÁTICO Y VULNERABILIDAD DE LOS MEDIOS DE VIDA DE FAMILIAS RURALES EN TRES MUNICIPIOS DE MADRIZ, NICARAGUA, 2010-2022. Lesly Josué Buezo Cáceres, Jairo Emilio Rojas Meza

CIENCIA ANIMAL

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES HUMANOS PARA CONSEGUIR LA PREÑEZ DE CERDAS INSEMINADAS ARTIFICIALMENTE. Elizabeth Villarroel-Barrios

AGROINDUSTRIA

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA LECHE DE VACA PRODUCIDA EN LA FINCA LAS MERCEDES, MANAGUA, NICARAGUA. María Nelly Salazar Cerda, Claudio Pichardo Hernández, Erick Josué Blandón López



Managua, Nicaragua
km 12½ Carretera Norte
Apartado N ° 453
Tels: (505 2233-1501 • 2233-1183
www.una.edu.ni

ISSN 1998-7846

