ISSN 1998 – 7846

# LA CALERA

REVISTA CIENTÍFICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA - VOLUMEN 23 - Nº. 41, DICIEMBRE 2023

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni

# LA CALERA

## Información General

**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 pacifico 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.

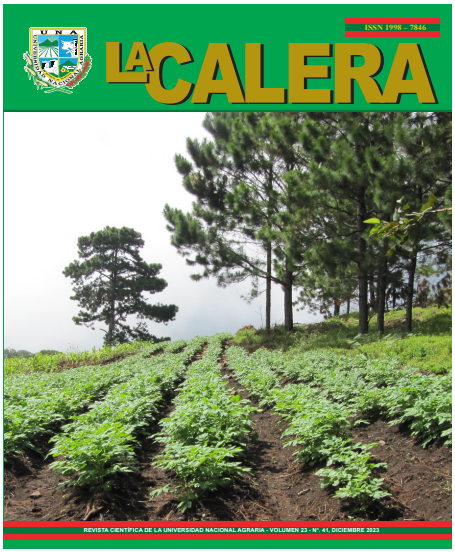



**Foto de portada:** Parcelas de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Cal White y maíz (*Zea mays* L.) -al fondo- establecidas en claros de bosques de pino (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schlech); Tisey-La Estanzuela, Estelí, Nicaragua. **Foto**: MSc. Andrea María Zamora Jarquín.

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

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

La revista científica La Calera se encuentra en el catálogo 2.0 de Latindex :
https://www.latindex.org/latindex/ficha/9618
e indizada en los siguientes directorios, catálogos y repositorios:
DIALNET: https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=28057
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/
Central American Journal OnLine (CAMJOL): https://camjol.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: https://repositoriosiidca.csuca.org/
Repositorio Universitario CNU: https://repositorio.cnu.edu.ni/
Repositorio Institucional UNA: https://repositorio.una.edu.ni/

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

© Copyright 2023. Universidad Nacional Agraria

**Revista La Calera**
Revista Científica de la Universidad Nacional Agraria, volumen 23, N° 41, diciembre, 2023.
Publicación semestral: ISSN 1998 – 7846 (versión impresa) * 1998 – 8850 (versión electrónica).
Publicaciones periódicas, Nicaragua, Agricultura, Universidad Nacional Agraria.

## 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:
https://lacalera.una.edu.ni

LA CALERA Revista Científica
Vol. 23 N° 41, p 84 – 160 / diciembre 2023

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni

**Publicación de la Universidad Nacional Agraria (UNA)**

**Autoridades Institucionales**

MSc. Alberto Sediles Jaen
Rector

MSc. Fanny Sumaya Castillo Lara
Vicerrectora General

PhD. Guillermo del Carmen Reyes Castro
Secretario General

**Consejo editorial:**

**Ditector**

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. Álvaro 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

IDENTIFICACIÓN FENOTÍPICA DE MECANISMO DE RESISTENCIA DE LAS BACTERIAS *Burkholderia gladiolii* Y *Burkholderia plantarii* Y SENSIBILIDAD *in vitro* A BACTERICIDAS DE USO AGRÍCOLA. Julio Cesar Escorcia, Jeffrey Lumardi Arauz Espinoza, Isaías Ezequiel Sánchez Gómez, Eliézer Hazael Lanuza Rodríguez.

**P 84-90**

REVISITING COFFEE REPLACEMENT DECISIONS IN THE AFTERMATH OF THE 2012-2013 COFFEE RUST EVENT IN NICARAGUA. Francisco Antonio Mendoza Tijerino.

**P 91-98**

## RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

ERODABILIDAD EN SUELOS ANDISOLES, MOLLISOLES Y VERTISOLES DE LA REGIÓN DEL PACÍFICO DE NICARAGUA. Maykeling Lisbeth Treminio Corea, Reynaldo Bismarck Mendoza Corrales, Miguel Angel Garmendia Zapata.

**P 99-104**

ESTIMACIÓN DE UMBRALES DE PRECIPITACIONES QUE OCASIONAN FENÓMENOS LAHÁRICOS EN EL VOLCÁN CONCEPCIÓN, ISLA DE OMETEPE, RIVAS, 2016. Karla Hypatia Cruz Rivera, Fernando José Mendoza Jara, Efraín Lucrecio Acuña Espinal.

**P 105-113**

MODELACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAHARES 2005 -2016 PARA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN EL VOLCÁN CONCEPCIÓN, ISLA DE OMETEPE, RIVAS. Karla Hypatia Cruz Rivera, Fernando José Mendoza Jara, Efraín Lucrecio Acuña Espinal.

**P 114-123**

## AGROSOCIOECONOMÍA

TECNOLOGÍAS Y PRÁCTICAS QUE UTILIZAN LOS PRODUCTORES EN EL MANEJO POSCOSECHA DE MAÍZ Y FRIJOL EN ESTELÍ, MADRIZ Y NUEVA SEGOVIA, NICARAGUA. Noemí del Carmen Obregón, Oscar José Gómez Gutiérrez.

**P 124-132**

APORTE ECONÓMICO DE LOS EQUINOS DE TRABAJO EN LA PRODUCCIÓN DE CACAO EN DOS COMUNIDADES DE WASLALA, REGIÓN AUTÓNOMA DE LA COSTA CARIBE NORTE, OCTUBRE 2021 A MARZO 2022. Freddy Argüello Murillo, Fredred Valdivia Flores.

**P 133-138**

ANÁLISIS AGRO SOCIOECONÓMICO DE DIEZ FINCAS EN LA COMUNIDAD EL QUINAL EN SANTA TERESA, CARAZO, NICARAGUA 2020 - 2021. Oswaldo Martin Pineda Rizo, Fidel Guzmán Guillen, Engell Josué Jarquín Sánchez, Miguel Adonis Dumas.

**P 139-146**

## GESTIÓN EDUCATIVA (COMPUTACIÓN)

USO DE TIC EN EL PROCESO DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA EDUCACIÓN PARA APRENDER, EMPRENDER Y PROSPERAR EN UNDÉCIMO GRADO DEL INSTITUTO NACIONAL DE CAMOAPA DR. MANUEL SALVADOR GUADAMUZ, JULIO – SEPTIEMBRE 2021. David Ernesto Peñalba Berríos, Nesley Jhosep Espinoza González, Elieth Auxiliadora Castro Méndez.

**P 147-153**

## CIENCIA ANIMAL

CETOSIS SUBCLÍNICA COMO TRASTORNO METABÓLICO EN VACAS LECHERAS DURANTE LAS ETAPAS PRODUCTIVAS DE PERIPARTO, LACTANCIA TEMPRANA Y LACTANCIA MEDIA. Junior Raxa Chavarría Rivera, Fabian García Guerrero, Berman Treminio Alcántara, Nadir Reyes-Sánchez.

**P 154-160**

LA CALERA Revista Científica
Vol. 23 N° 41, p 84 – 90 / diciembre 2023
ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni



# Identificación fenotípica de mecanismo de resistencia de las bacterias *Burkholderia gladiolii* y *Burkholderia plantarii* y sensibilidad in vitro a bactericidas de uso agrícola

# Phenotypic identification of the resistance mechanism of *Burkholderia gladiolii* and *Burkholderia plantarii* bacteria and in vitro sensitivity to bactericides for agricultural use

**Julio Cesar Escorcia[1], Jeffrey Lumardi Arauz Espinoza[2], Isaías Ezequiel Sánchez Gómez[3], Eliézer Hazael Lanuza Rodríguez[4]**

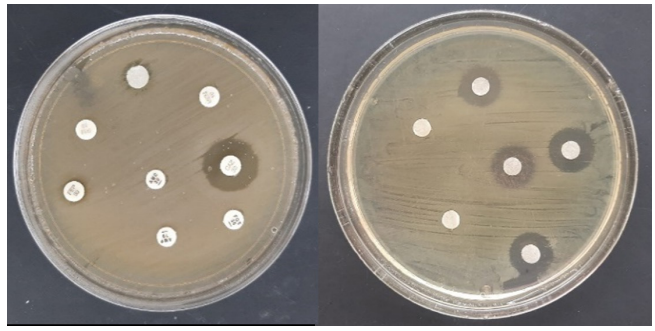
[1] Ingeniero Agrónomo, graduado de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria, ORCID: https://orcid.org/0009-0003-2592-4699/ escojuliocesar19@gmail.com

[2] Ingeniero Agrónomo, graduado de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria, ORCID: https://orcid.org/0009-0009-9431-8928 / jeffreyarauz1@gmail.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] MSc. en Innovación tecnológica, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Departamento de Protección Agrícola y Forestal, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9717-4709/ eliezer.lanuza@ci.una.edu.ni

*Autor para correspondencia*: isanchez@ci.una.edu.ni



## RESUMEN

Las bacterias *Burkholderia glumae*, *Burkholderia gladiolii* y *Burkholderia plantarii* son importantes en el cultivo de arroz, por provocar manchado y tizón del grano. El objetivo de esta investigación fue identificar fenotípicamente mecanismos de resistencia de *B. gladiolii*, *B. plantarii* y sensibilidad *in vitro* a bactericidas de uso agrícola. Los aislados bacterianos de *B. gladiolii* y *B. plantarii* fueron proporcionados por el laboratorio de Microbiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. La identificación de mecanismo de resistencia y sensibilidad a bactericidas de uso agrícola se realizó por el método de Bauer –Kirby (difusión en agar), se midió el tamaño de los halos de inhibición, se observó el tamaño y forma de los halos de inhibición producidos por la sinergia entre los discos de antibióticos. Se identificaron seis aislados con mecanismo de resistencia AmpC derreprimida, de estos, cuatro fueron de *B. gladiolii* y dos de *B. plantarii*; se identificó un aislado multirresistente con presencia de AmpC y cinco que no manifestaron mecanismos de resistencia. Los aislados bacterianos de *Burkholderia gladiolii* (D4 y M4) fueron sensibles al ácido oxolínico en comparación con los aislados (V5, D2I, V2, T5 y D3) y el aislados

## ABSTRACT

The bacteria *Burkholderia glumae*, *Burkholderia gladiolii* and *Burkholderia plantarii* are important in rice cultivation, for causing spotting and grain blight. The objective of this research was to phenotypically identify resistance mechanisms of *B. gladiolii*, *B. plantarii* and *in vitro* sensitivity to bactericides for agricultural use. Bacterial isolates of *B. gladiolii* and *B. plantarii* were provided by the Plant Microbiology Laboratory of the National Agrarian University, Nicaragua. The identification of the mechanism of resistance and sensitivity to bactericides for agricultural use was carried out by the Bauer-Kirby method (agar diffusion), the size of the inhibition halos was measured, the size and shape of the inhibition halos produced were observed by the synergy between the antibiotic disks. Six isolates with derepressed AmpC resistance mechanism were identified, of these, four were from *B. gladiolii* and two from *B. plantarii*; One multiresistant isolate with the presence of AmpC and five that did not show resistance mechanisms were identified. The *Burkholderia gladiolii* bacterial isolates (D4 and M4) were sensitive to oxolinic acid compared to the isolates (V5, D2I, V2, T5 and D3) and the *B. plantarii* isolates (T5II). The M4 isolate

*Recibido: 3 de abril del 2023*
*Aceptado: 9 de agosto 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).

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni



de *B. plantarii* (T5II). El aislado M4 de *B. gladiolii* fue susceptible al ácido oxolínico más gentamicina, mientras que los aislados de *Burkholderia gladiolii* (D4, D2I y D3) y el aislado de *Burkholderia plantarii* (T5II) fueron poco susceptible, a diferencia de los aislado bacteriano de *B. gladiolii* (T5 y V2) que no mostraron sensibilidad a dicho producto comercial. La dosis comercial 1.5 kg $ha^{-1}$ de ácido oxolínico inhibió el mayor número de aislados en comparación con la dosis 1 kg $ha^{-1}$. El producto biológico a base de *Bacillus subtillis* y el producto formulado sulfato de estreptomicina más oxitetraciclina no ejercieron efecto inhibitorio sobre los aislados de *Burkholderia gladiolii* y *Burkholderia plantarii.*
***Palabras clave*:** difusión, antibióticos, AmpC, Beta-lactamasas, carbapenemasas, aislados.

of *B. gladiolii* was susceptible to oxolinic acid plus gentamicin, while the isolates of *Burkholderia gladiolii* (D4, D2I and D3) and the isolate of *Burkholderia plantarii* (T5II) were not very susceptible, unlike the bacterial isolates of *B. gladiolii* (T5 and V2) that did not show sensitivity to said commercial product. The 1.5 kg $ha^{-1}$ commercial dose of oxolinic acid inhibited the highest number of isolates compared to the 1 kg $ha^{-1}$ dose. The biologic product based on *Bacillus subtillis* and the formulated product streptomycin sulfate plus oxytetracycline had no inhibitory effect on *Burkholderia gladiolii* and *Burkholderia plantarii* isolates.
***Keywords:*** Diffusion, antibiotics, AmpC, Beta-lactamases,

El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) pertenece a la familia de las gramíneas y se caracteriza por ser uno de los principales granos básicos de mayor importancia en el mundo generando un alto valor socioeconómico de cada país, como también un excelente y valioso aporte para el consumo interno de la población. (González, 2016).

En Nicaragua la producción de arroz representa el 11% del PIB agrícola nacional. Existen actualmente productores que cultivan 97 284 hectáreas, 60 % se da en condiciones de secano y un 40 % en riego con mayor tecnología. Estos productores de arroz generan unos 30 000 empleos anuales (Aguilar, 2017).

Lombeida *et al*. (2016) argumenta que el cultivo arroz se ve afectado por factores que limitan a la producción estos pueden ser la temperatura, humedad, velocidad del viento, suelos compactos y escases de agua y, por otra parte, están los originados por insectos, hongos, virus, nematodos y bacterias, que dificultan el manejo agronómico.

Giona-Cerezo *et al*. (2020) describen que la resistencia antimicrobiana se define como la capacidad de una bacteria que posee en su material genético para resistir los efectos de diferentes antibióticos, siendo una característica inherente de la bacteria o puede ser una capacidad adquirida durante el proceso infeccioso.

La resistencia a los antimicrobianos es un problema continuo y en aumento. Se hace aun mayor cuando un microorganismo presenta uno o más mecanismos de resistencias, teniendo la capacidad de transmitirlo, no sólo a su descendencia, sino también a otras bacterias de su misma o distintas especies, presentando diferentes mecanismos de resistencia como en el caso de las enzimas hidrolíticas, la modificación del sitio activo, la proteína de unión a la penicilina (PBP), modificación ribosomal, disminución de la permeabilidad de la pared celular al ingreso del antimicrobiano y la bomba de flujos (Moreno *et al*., 2009).

En los últimos años algunas especies como *B. gladiolii* (añublo del arroz) y *B. plantarii* (tizón de las plántulas), han venido ocasionando un impacto negativo en la producción de arroz. Ambas especies generan grandes pérdidas económicas anuales en los países productores de arroz, debido al conocimiento de los productores respecto a su detección temprana, prevención y manejo de la enfermedad (Pedraza, 2012). El manejo de *B. gladiolii* y *B. plantarii*, es cada vez más difícil de manejar, por lo que se han venido planteando diferentes estudios y estrategias con el objetivo de resolver los problemas originados por estas bacterias que afectan en gran escala al cultivo; una de estas prácticas de manejo es el uso de productos químicos que ejercen gran control contra estas enfermedades, pero en algunos casos se han encontrados bacterias que han desarrollado resistencia a diferentes formulaciones químicas (Ochi *et al*., 2017). El objetivo de esta investigación es fue identificar fenotípicamente mecanismos de resistencia de *B. gladiolii*, *B. plantarii* y sensibilidad in vitro a bactericidas de uso agrícola.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación del estudio.** Este estudio se realizó en el laboratorio de Microbiología Vegetal del departamento de Protección Agrícola y Forestal de la Universidad Nacional Agraria en Managua, Nicaragua, ubicado en el km 12 1/2 Carretera Norte en las coordenadas geográficas 12º08'53.24" de latitud Norte y 83º09'51.24" de longitud Oeste.

**Obtención del material biológico**. Los aislados bacterianos de *B. gladiolii* y *B. plantarii* fueron proporcionados por el laboratorio de Microbiología Vegetal, cumpliendo los criterios de selección tales como: formar parte del cepario del laboratorio, aislados identificados mediante pruebas bioquímicas y confirmados con la técnica PCR (Polymerase chain reaction) por sus siglas en inglés.

**Diseño experimental**. El estudio fue descriptivo y cuantitativo, se realizó identificación de mecanismos de resistencia inducido con antibióticos en placas Petri; en el

caso de las pruebas de sensibilidad se hizo en un ambiente controlado bajo un diseño completamente al azar (DCA), se colocaron los discos de antibióticos a dosis baja y alta (según recomendaciones del fabricante) sobre la superficie de la placa con medio de cultivo. Se utilizaron cinco repeticiones por cada antibiótico y aislado bacteriano.

**Identificación fenotípica de mecanismos de resistencias de *B. gladiolii* y *B. plantarii***. La identificación de mecanismo de resistencia se realizó mediante la medición y observación visual del tamaño y forma de los halos de inhibición producida por la sinergia de los discos de antibióticos (Figura 1). Los antibióticos empleados para la prueba fueron Cefepima (FEP), ceftazidima (CAZ), Ampicilina más ácido clavulánico (AMP), Meropenem (MER), Imepenem (IMP) y el inductor EDTA (ácido etilendiaminotetraacético), según Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia (CNDR, 2004).

Los betalactámicos de espectro extendido (BLEE) se encuentran presentes cuando se manifiesta achatamiento de halo de inhibición y sinergia en discos de ceftazidima (CAZ), Ampicilina más ácido clavulánico (AMP) y Cefepima (FEP) y ausencia si no hay achatamiento ni sinergia en discos de CAZ, AMP y FEP. En el caso de carbapenemasas se asume la presencia cuando hay achatamiento de halo de inhibición y sinergia en discos de Meropenem (MER), inductor EDTA e Imepenem (IMP) y ausencia cuando no hay achatamiento ni sinergia en discos de MER, EDTA e IMP (CNDR, 2006).

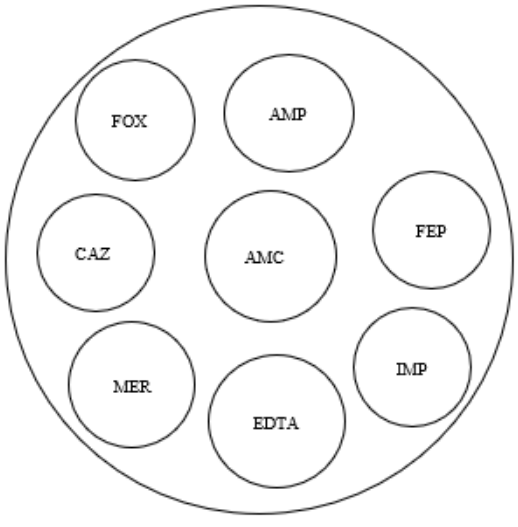



**Figura 1.** Orden de los antibióticos para la identificación fenotípica de mecanismos de resistencia de *B. gladiolii* y *B. plantarii*.

**Prueba de sensibilidad in vitro a bactericidas de uso comercial.** Se utilizó el método de difusión en agar que consiste en impregnar discos de papel filtro con las dosis de bactericidas comerciales (Serret-López, *et al*., 2021). Los bactericidas de uso agrícola fueron: ácido oxolínico, sulfato de estreptomicina más oxitetraciclina, acido oxolínico más gentamicina y *Bacillus subtilis* a dosis baja y alta recomendada en el producto (Cuadro 1, Figura 2).

Se consideran sensibles los aislados que no crecieron alrededor del disco impregnado con el bactericida produciendo halos de inhibición mayores de 16 mm y resistentes a los aislados bacterianos que presentaron crecimiento bacteriano alrededor del disco impregnados con el bactericida, mostrando halos de inhibición menores de 6 mm, como lo indica Clinical and Laboratory Standars Institutes (CLSI, 2014).

**Cuadro 1.** Dosis comerciales de bactericidas sintéticos y biológicos para evaluación de sensibilidad *in vitro* de *Burkholderia gladiolii* y *Burkholderia plantarii*.

| Bactericidas sintéticos | Dosis g 200 $L^{-1}$ de agua | |
|---|---|---|
| | Mínima | Máxima |
| Sulfato de estreptomicina + oxitetraciclina | 500 | 600 |
| Ácido oxolínico | 1000 | 1500 |
| Ácido oxolínico + gentamicina | 300 | 500 |
| **Bactericida biológico** | **Dosis L 200 $L^{-1}$ de agua** | |
| | Mínima | Máxima |
| *Bacillus subtilis* | 1.5 L | 2.0 L |

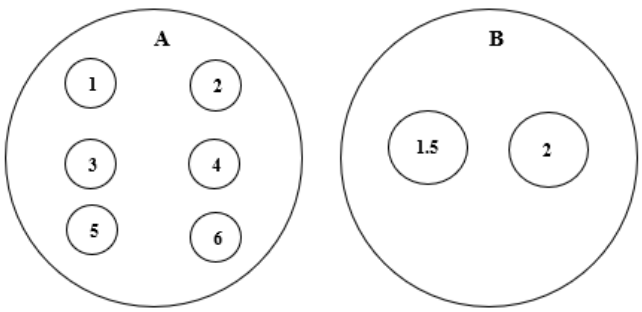



**Figura 2.** Posición de los bactericidas comerciales para prueba de sensibilidad.
**A**: Bactericidas sintéticos, **1**: Sulfato de estreptomicina más oxitetraciclina 500 g 200 $L^{-1}$, **2**: Sulfato de estreptomicina más oxitetraciclina 600 g 200 $L^{-1}$, **3**: Ácido oxolínico 1000 g 200 $L^{-1}$, **4**: Ácido oxolínico 1500 g 200 $L^{-1}$, **5**: Ácido oxolínico + gentamicina 300 ml 200 $L^{-1}$, **6**: Ácido oxolínico + gentamicina 500 ml 200 $L^{-1}$. **B**: Bactericida biológico (*Bacillus subtilis*), **1.5**: dosis 1.5 L 200 $L^{-1}$ y **2**: Dosis 2 L 200 $L^{-1}$ de agua.

**Variables evaluadas**. Se evaluaron los mecanismos de resistencias mediante la observación de achatamiento de halos de inhibición y la sinergia entre discos de antibióticos y la sensibilidad a bactericidas comerciales mediante la medición del halo de inhibición producido por los discos

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni



de antibióticos frente a las bacterias. Las mediciones se realizaron a las 24 horas después de la inoculación con el uso de una regla milimétrica.

**Análisis de datos**. Los datos fueron organizados en una hoja de Excel de Microsoft 365 empresarial. Para determinar el número de aislados que presentaron mecanismos de resistencia, se realizó un análisis descriptivo. Para la variable sensibilidad a bactericidas de uso agrícola se realizó un análisis de varianza (Andeva) y prueba de separación de medias de Tukey con 95 % de confiabilidad usando el programa estadístico InfoStat 2020 versión libre.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Identificación fenotípica de mecanismos de resistencia de *B. gladiolii* y *B. plantarii.*** Se analizaron 10 aislados de *B. gladiolii* y dos aislados de *B. plantarii.* Se identificaron seis aislados con mecanismo de resistencia AmpC derreprimida, de estos, cuatro fueron de *B. gladiolii* (D2I, M4, D3 y V5) y dos de *B. plantarii* (T6 y T5II) un aislado multirresistente con presencia de AmpC (V2) y cinco que no manifestaron mecanismo de resistencia. Por otro lado, en tres aislados de *B. gladiolii* (D2I, V5 y V2) y dos de *B. plantarii* (T6 y T5 II) se identificaron cambios en la permeabilidad de la membrana externa por observarse halos de inhibición pequeños en los discos de Meropenem y halos más grandes en los discos de Imepenem.

La presencia del mecanismo AmpC fue evidente por la resistencia de la bacteria a Cefoxitina con halos menores a 14 mm; no se identificaron mecanismos por carbapenemasas por la ausencia de halos de inhibición menores a 18 mm en los discos de Imepenem y Meropenem, se descarta la posibilidad de betalactamasas de espectro extendido (BLEE) por la ausencia de halos y sinergia en los discos de ceftazidima, ampicilina más ácido clavulánico y Cefepime (Figura 3). Los cinco aislados que no manifestaron mecanismo de resistencia son considerados como fenotipos salvajes o nativos, por no presentar mecanismo de resistencia.

Seral *et al*. (2012) mencionan que en la mayoría de las enterobacterias que poseen el gen AmpC, este se encuentra en el cromosoma bacteriano y su expresión es de bajo nivel e inducible como respuesta a la exposición a ciertos β-lactámicos como amoxicilina, ampicilina, cefoxitina, imipenem y ácido clavulánico. El fenómeno de inducción está regulado por un operon amp que requiere la presencia del β-lactámico y al menos cinco genes (AmpC, AmpR, AmpD, AmpG, AmpE) y está íntimamente relacionado con el reciclaje del peptidoglicano. El mecanismo de inducción de la β-lactamasa AmpC depende del gen AmpR, que actúa como activador durante el proceso de inducción y como represor en condiciones normales. Los genes AmpC y AmpE codifican la síntesis de proteínas de membrana (AmpC y AmpE, respectivamente) y AmpD da lugar a una proteína soluble (AmpD) que se libera en el citoplasma.

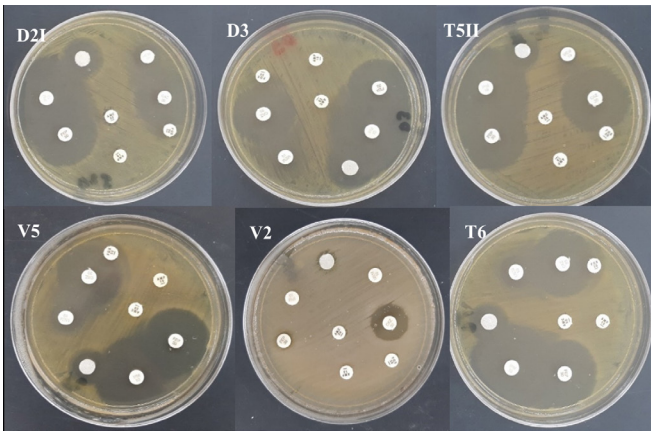



**Figura 3.** Identificación de mecanismos de resistencia de *B. gladiolii* y *B. plantarii.*
D: aislados finca La Doña; T: aislado centro experimental TAINIC; V: aislados finca Virginia; 2, 3, 5 y 6: número de aislado; I y II: número de placas.

Estudios de la secuencia nucleotídica sugieren que los genes que codifican estas enzimas plasmídicas derivan de genes AmpC cromosómicos que poseen algunos miembros de la familia Enterobacteriaceae y el género *Aeromonas* spp, los que han sido integrados en elementos genéticos transferibles facilitando su difusión a diferentes microorganismos.

Sousa *et al*. (2011) expresan que *Burkholderia* cepacia se caracteriza por su resistencia natural a antibióticos, debido a la capacidad de formar biopelículas y cambiar su envoltura celular para reducir la permeabilidad de la membrana, impidiendo así la entrada del antibiótico. Por otra parte, Ranjan *et al*. (2014) manifiestan que los mecanismos que le brindan resistencia incluyen la producción de ß-lactamasas y otras enzimas, así como la modificación de los puntos objetivo de los antibióticos.

Becka *et al*. (2021), menciona que los miembros del género *Burkholderia* son intrínsecamente resistentes a múltiples fármacos y poseen una carbapenemasa PenA y una β-lactamasa AmpC, lo que hace que el tratamiento de infecciones en humanos debidas a estas especies sea problemático.

Radice *et al*. (2011) manifiestan que la baja permeabilidad de la membrana externa de *Burkholderia* cepacia produce β-lactamasas de tipo PEN que hidrolizan cefalosporinas de primera y segunda generación que son específicas de genomoespecies que produce PCM-1 (Clase D, tipo OXA), que hidroliza con más eficiencia a Imepenem que a meropenem, por lo que presenta sensibilidad variable al antibiótico meropenem.

Segonds *et al*. (2009) demostraron que *B. gladiolii* es susceptible a piperacilina, imepenem, ciprofloxacina y aminoglucósidos y resistente a ceftazidima, cefepima o aztreonam. Por otra parte, Ruiz *et al*. (2022) manifiestan que *B. gladiolii* es resistente a la gentamicina.

**Sensibilidad *in vitro* a bactericidas de uso comercial**. Estas pruebas se realizaron con cinco aislados de *Burkholderia gladiolii* con mecanismos de resistencias, dos aislados de *Burkholderia gladiolii* sin expresión de mecanismos de resistencias y un aislado de *Burkholderia plantarii* con mecanismo de resistencia (Figura 4). El análisis de varianza demostró diferencia estadística ($p < 0.0001$) entre los aislados que fueron expuestos al ácido oxolínico; la prueba de separación de medias indicó que los aislados D4 y M4 fueron sensibles al ácido oxolínico por presentar halos de inhibición mayores a 38 mm, en comparación con los aislados T5, T5II, V5, D2I, V2 y D3 que mostraron halos de inhibición menores a 16 mm (Figura 5).

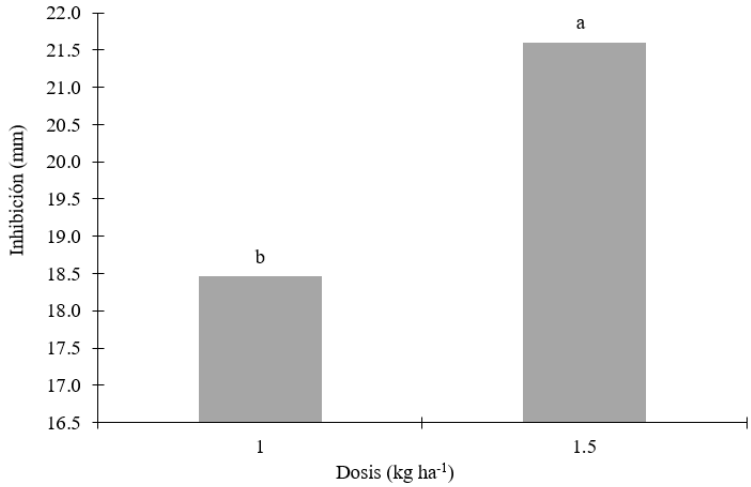



**Figura 6.** Sensibilidad de B. gladiolii y B. plantarii según dosis de ácido oxolínico.

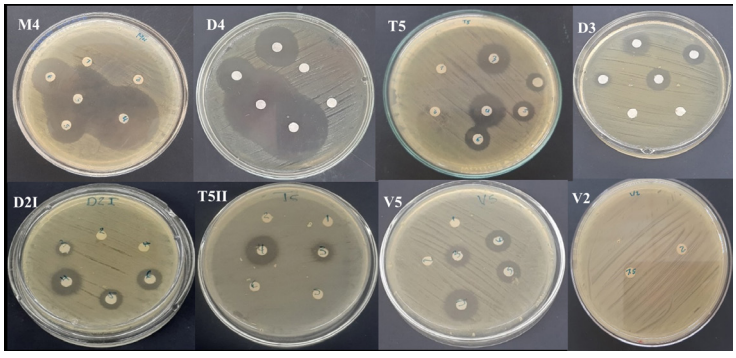



**Figura 4.** Aislados de Burkholderia gladiolii y Burkholderia plantarii en medios de cultivo Mueller-Hinton.
M: Agrícola Miramontes; D: aislados finca La Doña; T: aislado centro experimental TAINIC; V: aislados finca Virginia; 2, 3, 4 y 5: número de aislado; I y II: número de placas.

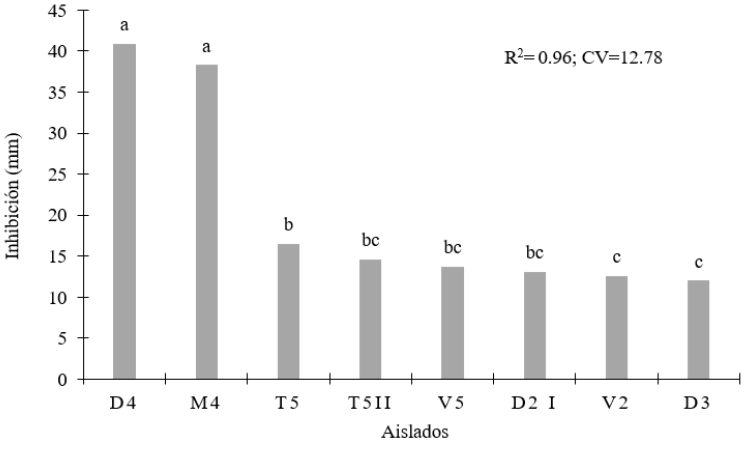



**Figura 5.** Sensibilidad de B. gladiolii y B. plantarii al ácido oxolínico.

En relación con las dosis de ácido oxolínico el ANDEVA mostro diferencia estadística ($p$=0.0001) y la prueba de separación de medias indica que la dosis comercial de 1.5 kg ha$^{-1}$ inhibe el mayor número de aislados en comparación a la dosis comercial de 1 kg ha$^{-1}$ (Figura 6).

Los aislados que fueron expuestos a ácido oxolínico más gentamicina, presentan diferencias significativas ($p$<0.0001) siendo el aislados M4 el más susceptible al bactericida, mientras que los aislados V5, T5II, D3, D2I, D4 T5 y V2 no mostraron sensibilidad a dicho producto comercial (Figura 7). No se registra diferencia estadística ($p$=0.2970) en las dosis comerciales de 300 ml ha$^{-1}$ y 500 ml ha$^{-1}$. El producto biológico a base de *Bacillus subtillis* y el producto formulado con ingredientes activos a base de sulfato de estreptomicina más oxitetraciclina, no ejercieron efecto inhibitorio sobre los aislados de *B. gladiolii* y el aislado de *B. plantarii.*

Según Gutiérrez (2019), en un estudio realizado utilizó Ácido Oxolínico y Actybac SC *Streptomyces racemochromogenes* sobre el control de *Burkholderia glumae*, y concluyó que los bactericidas incidieron significativamente sobre control de la enfermedad que se sitúa en la panícula del arroz conocida como añublo bacteriano.

Moreira (2017) realizó pruebas de sensibilidad in vitro evaluando la eficacia de ácido oxolínico y estreptomicina más oxitetraciclina y registró que ambos bactericidas ejercieron efecto inhibitorio sobre el crecimiento de *B. glumae* siendo el ácido oxolínico quien presenta el mayor porcentaje de inhibición sobre las bacterias.

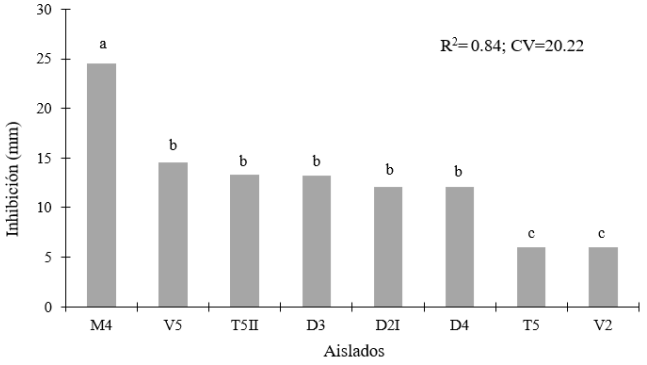



**Figura 7.** Sensibilidad de *B. gladiolii* y *B. plantarii* al ácido oxolínico más gentamicina.

Valdez-Núñez (2020), manifiesta que al menos siete cepas (46.7 %) presentaron resistencia a 10 µg $ml^{-1}$ de ácido oxolínico y la sensibilidad a este antibiótico fue variable, en particular para *B. glumae* (AMG12-06). Para el caso de aislados de *B. glumae* al aumentar la concentración de ácido oxolínico la mayoría de las cepas se mostraron más o menos sensibles y solo el aislado de *B. gladioli* (TUG05-07) pudo ser considerada como altamente resistente a este antibiótico.

Serret-López *et al.* (2021), demostraron que los productos ensayados cuprimicin agrícola (200 g 100 $L^{-1}$), serenade polvo (1 kg 200 $L^{-1}$), bactrol 2X (60 g 100 $L^{-1}$), bactriomicin agrícola (400 g 100 $L^{-1}$), fungifree biológico (2.5 kg 200 $L^{-1}$), cuprimicin 500 (625 g 100 $L^{-1}$), phyton (1.5 ml $L^{-1}$), oxicloruro de cobre (400 g 100 $L^{-1}$), kasumin (2 L 200 $L^{-1}$), final bacter (1.6 kg 200 $L^{-1}$), bacterbest biológico (1 L 200 $L^{-1}$) y biotermin biológico (3 L 200 $L^{-1}$) no tuvieron efecto inhibitorio sobre *B. gladioli* (MT672591) aislados de cebolla.

En nuestro país es el primer estudio que se realiza sobre la evaluación de sensibilidad *in vitro* de *B. gladiolii* y *B. plantarii* a bactericidas de uso agrícola, destacando a los aislados D4 y M4 perteneciente a *B. gladiolii* como sensibles al ácido oxolínico.

## CONCLUSIONES

Se identificaron seis aislados con mecanismo de resistencia AmpC derreprimida, de estos, cuatro fueron de *Burkholderia gladiolii* y dos de *Burkholderia plantarii*; se identificó un aislado multirresistente con presencia de AmpC y cinco que no manifestaron mecanismo de resistencia. Los aislados D4 y M4 fueron sensibles al ácido oxolínico en comparación con los aislados T5, T5II, V5, D2I, V2 y D3. El aislado M4 de *Burkholderia gladiolii* fue susceptible al ácido oxolínico más gentamicina, mientras que los aislados D4, D2I, T5II, y D3 no fueron susceptible por presentar halos de inhibición menor a 16 mm, a diferencia de los aislados T5 y V2, que no mostraron sensibilidad por no mostrar halos de inhibición.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar Bustamante, V., Méndez, C., Treminio Artola., E. y Loáisiga Vallecillo, V. L. (2017). Evaluación agronómica de nueve líneas avanzadas de arroz (Oriza sativa L.) y dos testigos comerciales bajo condiciones de riego por inundación, Sébaco, Matagalpa. *La Calera*, 29(17), 51-56. https://doi.org/10.5377/calera.v17i29.6524

Becka, S. A., Zeiser E., T., LiPuma J., J. & Papp-Wallace, K. M. (2021). Activity of Imipenem-Relebactam against Multidrug- and Extensively Drug-Resistant Burkholderia cepacia Complex and Burkholderia gladioli. *American Society for Microbiology*, 65(11), 1321-1332. https://doi.org/10.1128/AAC.01332-21

Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia. (2004). *Manual de procedimiento de Bacteriología Médica*. Litonic.

Clinical and Laboratory Standars Institutes. (2014). *Perfomance Standar for Antimicrobial Susceptibility Testing; Twenty-Fourth Informacional Supplemen*. https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=59202a0696b7e4d462166956&assetKey=AS%3A496054988533760%401495280134033

Giona-Cerezo, S., Santos-Preciado, J. I., Marfin-Otero, M. R., Torrez-López, F. J. y Alcantar-Curriel, M. D. (2020). Resistencia antimicrobiana. Importancia y esfuerzo por contenerla. *Gaceta Medica de México*, 156, 172-180. https://doi.org/10.24875/GMM.20005624

González, B. M. y Alonso, A. M. (2016). Tecnologías para ahorrar agua en el cultivo de arroz. *Nova*, 14(26), 111-126. https://doi.org/10.22490/24629448.1757

Gutiérrez Lozada, D. F. y Espinosa Artunduaga, D. (2019). *Evaluación de los bactericidas de oxilobac (Ácido oxolinico) y actybac sc (streptomyces racemochromogenes) para el control de la bacteria Burkholderia glumane como uno de los causantes del añublo bacteriano de la panícula del arroz (Oryza sativa) en el municipio de Campoalegre, departamento Huila* [Tesis de Ingenieria, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional. https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25407/dfgutierrezl.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lombeida La Rosa, A. L. y Cepeda Landin, E. W. (2016). *Diseño de una metodología de evaluación preliminar para el manejo del Añublo Bacterial de la panícula del arroz en el Ecuador* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio de ESPOL. http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51706

Moreira C., R. I. (2017). *Evaluación in vitro de la eficacia de bactericidas sobre la inhibición del crecimiento de Burkholderia glumae* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. https://repositorio.una.edu.ni/3554/1/tnh20m838.pdf

Moreno, M. C., González, E. R. y Beltrán, C. (2009). Mecanismos de resistencia antimicrobiana en patógenos respiratorios. *Revista de Otorrinolaringología y Cirugía De Cabeza y Cuello*, 69, 185-192. https://www.scielo.cl/pdf/orl/v69n2/art14.pdf

Ochi, A., Konishi, H., Ando, S., Sato, K., Yokoyama, K., Tsushima, S., Yoshida, S., Morikawa, T., Kaneko, T., & Takahashi, H. (2017). Management of bacterial seedling blight diseases in nurseries by irradiating rice seeds with atmosferic plasma. *Plant pathology*, 66, 67-76. https://doi.org/10.1111/ppa.12555

Pedraza-Herrera, L. A., Bautista, J. P., Cruz-Ramírez, C. A., & Uribe-Vélez, D. (2020). BUN2755 Bacillus strain controls seedling root and bacterial panicle blight caused by Burkholderia glumae. *Biological Control,* 153. 1-32. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104494

Radice, M., Marín, M., Giovanakis, M., Vay, C., Almuzara, M., Limansky, A., Casellas, J. M., Famiglietti, A., Quinteros, M., Bantar, C., Galas, M., Pupko, J. K., Nicola, F., Pasterán, F., Soloaga, R. y Gutkind, G. (2011). Criterios de ensayo, interpretación e informe de las pruebas de sensibilidad a los antibióticos en los bacilos gram negativos no fermentadores de importancia clínica: recomendaciones de la Subcomisión de Antimicrobianos de la Sociedad Argentina de Bacteriología, Micología y Parasitología Clínicas, Asociación Argentina de Microbiología. *Revista Argentina de Microbiología*, 43. 136-153. http://www.scielo.org.ar/pdf/ram/v43n2/v43n2a12.pdf

Ranjan, N., Chaudhary, U., Chaudhry, D., & Ranjan K, P. (2014). Ventilator-associated pneumonia in a tertiary care intensive care unit: Analysis of incidence, risk factors and mortalityAnalysis of incidence, risk factors and mortality. *Indian Journal of Critical Care Medicine*, 18(4) 200-204. https://doi.org/10.4103/0972-5229.130570

Ruiz H, E., Caro V., M. R. y Ortega H., N. (2022). Resistencia fenotípica y genotípica en los patotipos Aiec, Stec y Eaec de E. coli. *Anales de Veterinaria de Murcia*, 36. https://doi.org/10.6018/analesvet.540611

Serret-López, M., Aranda-Ocampo, S., Espinosa-Victoria, D., Ortiz-Martínez, L. E., & Ramírez-Razo, K. (2021). Polyphasic characterization of Burkholderia gladioli isolated from onion and evaluation of its potential pathogenicity for other crops. *Mexican Journal of Phytopathology*, 39. https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2007-2

Seral, C., Gude, M. J. y Castillo, F. J. (2012). Emergencia de β-lactamasas AmpC plasmídicas (pAmpC ó cefamicinasas): origen, importancia, detección y alternativas terapéuticas. *Revista española de quimioterapia*, 25(2), 89-99. https://seq.es/wp-content/uploads/2012/06/seq.es_seq_0214-3429_25_2_seral.pdf

Segonds, C., Clavel-Batut, P., Thouverez, M., Grenet, D., Coustumier A., L., Plesiat, P., & Chabanon, G. (2009). Microbiological and Epidemiological Features of Clinical Respiratory Isolates of Burkholderia gladioli. *Journal of Clinical Microbiology*, 47(5), 1510–1516. https://doi.org/10.1128/JCM.02489-08

Sousa, S. A., Ramos, C. G. & Leitao, J. H. (2011). Burkholderia cepacia Complex: Emerging Multihost Pathogens Equipped with a Wide Range of Virulence Factors and Determinants. *International Journal of Microbiology*. https://doi.org/10.1155/2011/607575

Valdes-Nuñez, R. A., Rios-Ruiz, W. F., Ormeño-Orillo, E., Torres-Chavez, E. E., & Torrez-Delgado, J. (2020). Genetic characterization of rice endophytic bacteria (Oryza sativa L.) with atimicrobial activity against Burkholderia glumae. *Revista Argentina de Microbiología*, 52(4), 315-327. https://doi.org/10.1016/j.ram.219.12.002

LA CALERA Revista Científica
Vol. 23 N° 41, p 91 – 98 / diciembre 2023
ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni



# Revisiting coffee replacement decisions in the aftermath of the 2012-2013 coffee rust event in Nicaragua

# Revisitando las decisiones de reemplazo del café a raíz del evento de la roya del café 2012-2013 en Nicaragua

**Francisco Antonio Mendoza Tijerino**
Dr. sc. agr., Independent researcher, ORCID: https://orcid.org/0009-0006-4173-2429 / franciscomt91@hotmail.com

## ABSTRACT

This article quantifies the partial effect of different coffee leaf rust infestation levels on the intensity of coffee replacement area. The analysis is made for the agricultural cycle 2012-13 by employing the 2012-13 Coffee Production Survey of the Ministry of Agriculture of Nicaragua. By means of econometric estimates, farmers coffee renewal decisions are described as a function of coffee leaf rust infestation. The results are further contrasted to the developments of coffee grown area since 2012. A significant and positive relationship is found between different levels of coffee infested area and farmers coffee replacement expectations. The results help to improve the understanding of i) the demand for re-investments, ii) farmer's entrepreneurial behavior and iii) re-investments constraints after low probability of occurrence agricultural shocks.

***Keywords*:** Coffee replacement strategies, coffee leaf rust, Nicaragua, Tobit regression.

## RESUMEN

Este artículo cuantifica el efecto parcial de diferentes niveles de infestación de la roya del café sobre la intensidad del área de reemplazo de café. El análisis se realiza para el ciclo agrícola 2012-13 empleando la Encuesta de Producción de Café 2012-13 del Ministerio de Agricultura de Nicaragua. Por medio de estimaciones econométricas, las decisiones de renovación de café de los agricultores se describen en función de la infestación de la roya del café. Los resultados son contrastados con la evolución de la superficie cafetalera a partir de 2012. Se encuentra una relación significativa y positiva entre los diferentes niveles de área infestada de café y las expectativas de reemplazo de café de los agricultores. Los resultados ayudan a mejorar la comprensión en torno i) a la demanda de reinversiones, ii) al comportamiento empresarial de los agricultores y iii) a las restricciones de reinversiones después de choques agrícolas de baja probabilidad de ocurrencia.

***Palabras clave:*** renovación de cafetales, roya, Nicaragua, Tobit regresión.

*Recibido: 8 de julio del 2023*
*Aceptado: 9 de octubre 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).

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni



The 2012-13 coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*) outbreak in Nicaragua raised concerns among various sectors of the country regarding the exposure of coffee production to adverse events and the vulnerability of the livelihoods of rural producers [Avelino *et al*. 2015; Fundación Nicaragüense para el Desarrollo Económico y Social FUNIDES, 2013a)]. In 2012, coffee farmers in Nicaragua – and Central America – began to identify and foresee negative production effects of the coffee leaf rust fungus in different coffee-growing regions (Mendoza, 2013). By the end of 2012, the coffee sector in the region experienced a major infestation of leaf rust (International Coffee Organisation, 2013). The dimension of the leaf rust outbreak led Costa Rica, Honduras, and Guatemala to declare a national phytosanitary emergence by the first half of February 2013.

After the 2012-13 rust events in Central America, several studies focused on understanding and assessing the potential causes and mechanisms which contributed to an outbreak of the leaf rust fungus, with fewer attention focusing on the expected land-use adaptation and further rural development implications (Villarreyna, 2014; FUNIDES, 2013a; FUNIDES, 2013b; Bucardo, 2015; Ruiz and Mendoza 2014; Avelino *et al*. 2015; Jarquin & Jimenez-Martinez, 2021). In this article, the analysis is placed on the immediate coffee plantation replacement responses that farmers claim to take after the negative effects of the coffee leaf rust were identified in the production cycle 2012-13. Assessing the claimed coffee replacement decisions in the aftermath of the coffee rust outbreak in the first half of 2013 allows identifying patterns of entrepreneurial and -private- investment behavior of coffee farmers in light of low probability catastrophic events.

In this article, farmer´s coffee plantation replacement decisions are quantified at different levels of coffee leaf rust infestation. Additional farm-level drivers of the intensity of claimed coffee replacements are analyzed and quantified.

By utilizing survey data from the Coffee Production Survey of 2013 designed and conducted by the Ministry of Agriculture of Nicaragua [Ministerio Agropecuario (MAG, 2014)], coffee farmers from the production cycle 2012-13 (between 1 May 2012 to 30 April 2013) are analyzed through descriptive and econometric methods.

A better understanding of coffee tree replacement strategies after a catastrophic event can support the assessment of priorities within the agricultural policy context and early aid system in Nicaragua. This analysis identifies likely farmer's coffee replacement responses; considering coffee tree plantations as assets that serve as a key pillar of farmers' rural livelihoods, the replacement of disease-affected coffee plantations has far-reaching implications to rural welfare.

**The coffee rust in Nicaragua: during and after the 2012/13 crisis**. Coffee production is a central activity in the Nicaraguan economy. Between 2006 and 2012 coffee exports represented approximately 55% of the exported agricultural value and it contributed with the creation of 300,000 (direct and indirect) jobs [Banco Central de Nicaragua (BCN, 2021); El19Digital, (2013)]. The outbreak of the leaf rust disease in the dimensions of 2012-13 contributed to the slowdown of the overall economy for the years 2013 and 2014; alone the agricultural sector depicted negative growth rates at the levels of -2.7% and -0.3% respectively (BCN, 2021) which can partially be traced down to the effects of the coffee leaf infestation.

The coffee leaf rust event in 2012-13 influenced not only the land use decisions of farmers but also the agricultural policy in Nicaragua. After the decrease of 13.34% in the coffee producing area from 2012 to 2013 (BCN, 2021), the public authorities of Nicaragua established the National Commission for the Transformation and Development of Coffee Farming in 2014 (CONATRADEC). The aim of the newly developed commission was to develop and transform the coffee production structure through the execution of a plan to replace and renew coffee plantations after the coffee leaf rust crisis (BCN, 2014). Specifically, one of the initial mandates of CONATRADEC was to manage the Fund for the Transformation and Development of Coffee Farming (FTDC) financed through contributions dependent on the export of coffee.

Interestingly, the coffee productive area after the coffee rust outbreak remained below the 2005-2013 average for four years before experiencing an increase well beyond this average level (Figure 1). The historical development of the coffee productive area indicates that not only coffee area was renewed after the rust outbreak, but also new area was changed for coffee cultivation.

From a nation-wide perspective, the four years in which the coffee productive area remained below the pre-outbreak level correspond to a typical gestation period where coffee plantations require three to four years before being productive after a replacement. In the apparent absence of a well-functioning (public) coffee support and replacement strategy, the coffee productive area returned, nevertheless, to the pre-outbreak level in unexpected time frame. Moreover, the national coffee productive area even went

above the pre-outbreak level, suggesting that replacement -and investment- constraints of coffee plantation were, arguably, less binding than popularly assumed. If one observes the course of the international coffee market, the (future) coffee prices experienced an upward trend in pre-outbreak years -between 2005-2011- (Figure 2), while the yearly area directed towards productive coffee remained relatively constant, thereby suggesting a low price-area elasticity. The post coffee rust period of 2015-2021 showed a contrasting relationship between coffee prices and coffee productive area; an upward trending productive coffee area was observed while international prices behaved downward trending, with exception of 2021.

By appraising farmer's coffee plantation renewal expectations during the coffee leaf outbreak, it is possible to observe (Figure 3) that farmers willing to replace coffee area in the following 2013-14 cycle showed a 48% of their coffee planted area with the caturra variety. The expectations towards 2013-14 cycle were, on the contrary, to renew with approximately 52% of the overall area for replacement with catimor (Catimore), while Caturra representing 15% of the replacement area expected. The differences in the land-use per coffee variety highlight that adaptive capacity and optimal farm management strategies of farmers against adverse events.

In light of a complex context involving public-private partnerships to support the coffee sector, the nature of the price elasticity of productive coffee area at the national level, and the on-farm land use patterns, it becomes necessary to revise farmer's coffee replacement perspectives of rust- affected areas. An examination of replacement decisions allows to quantify the adequate level of public support for reinvestment funding. This analysis assists as well in the estimation of the natural rate of investment in the coffee sector, which becomes relevant in the design of public and private credit supply frameworks at the economy-wide level.

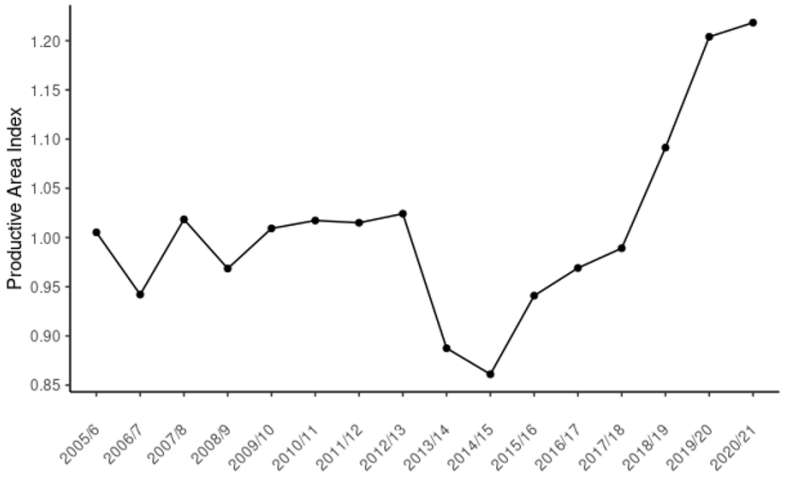



**Figure 1.** Index (mean 2005-13=100) of coffee productive area.
Source: Based on annual reports (BCN, 2021).

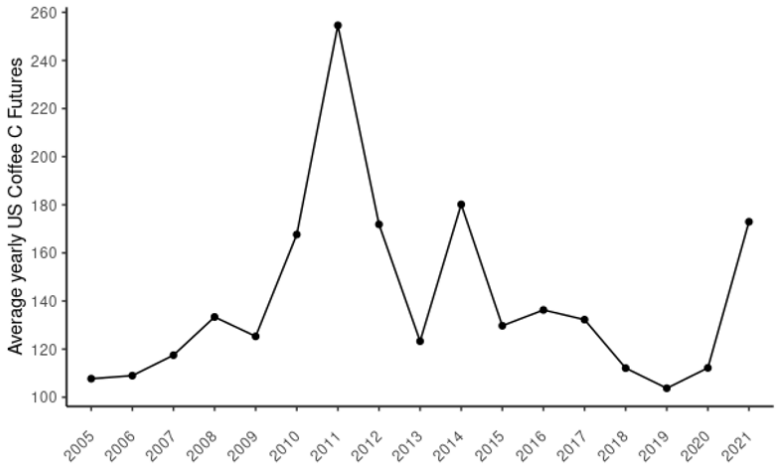



**Figure 2.** Average yearly US Coffee C Futures (USD).
Source: Investing.com reports, historical reports.

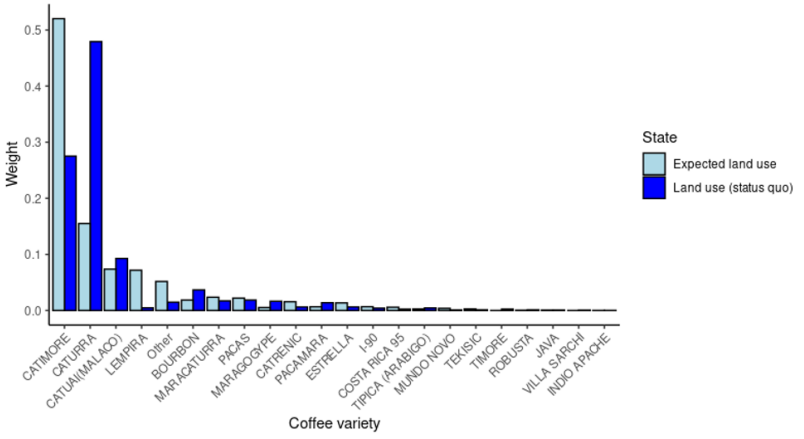



**Figure 3.** Weight of coffee land use per variety before replacements.
Source: based on MAG (2014).

## METHODOLOGY

**Conceptual model**. From the economics point of view, the replacement of coffee plantations during the outbreak of a disease involves a careful evaluation of the opportunity costs of replacement whenever plantations depict a medium to low disease incidence. With a timely treatment and expecting no further infection of opportunistic pathogens such as anthracnose (*Colletotrichum* spp.), coffee plants can potentially recover. In this context, farmers need to evaluate and compare the expected discounted utilities of: i) a situation of immediate efforts and cash outflows related to the treatment an infected coffee plant – for which its recovery and future health is uncertain – against ii) a situation of immediate replacement expenditures that result with higher certainty in healthy plants, yet requiring a gestation period of typically 3 to 4 years – a period in which cash inflows from the renewed area are absent. Severely infected trees are typically lost and represent sunk costs; the opportunity cost of replacements is oriented towards the alternative land uses that are possible in the infected area – given the agroecological and socioeconomic conditions of the farms.

Mathematically, the above-described replacement decision corresponds to the following theoretical model, where no coffee tree replacement would take place under the following relation:

$$\int_0^T \left(E(p_t \cdot q_t - c_t \cdot q_t - ff_0) \cdot P(H_1 = 1)\right)(1+r)^{-t}dt - \int_0^T \left(E(p_t \cdot q_t - c_t \cdot q_t - rc_0) \cdot P(H_2 = 1)\right)(1+r)^{-t}dt > 0$$

With:
t, T = time, planning horizon
E = expectation operator
p = unit selling price of coffee production
c = variable cost per unit of area
q = quantity of coffee production per unit of area
*ff* = effort and treatment costs of infected coffee plant(s)
$P(Hn=1)$ = Probability of a healthy and productive plan after management where $P(H_1=1) < P(H_2=1)$
r = discount rate (discrete timing)
rc = replacement costs of tree(s) or re-investment costs, where *rc>ff*

A negative result of the above-shown relation implies that discounted replacement costs are higher than immediate treatments of coffee plants, therefore, no replacement would take place. Additional theoretical attention needs to be taken if one evaluates the plantation replacement decisions in a further holistic approach. Farm level structural and management characteristics can as well play an important role on the decisions of farmers to replace plantations with a certain degree of leaf rust infestation. For instance, diversified farms may depict less liquidity constraints to meet reinvestment cash requirements than specialized coffee farms. Likewise, path-dependence characteristics such as a high average renewal farm strategy – expressed in relative younger coffee trees – may drive farmers to a more active replacement of coffee plantations independently of their level of infestation. The broader socioeconomic context should also be considered in evaluating coffee replacement decisions in the aftermath of a disease event, for example, the existence of credit channels or the farm size may as well play a positive impact in the replacement plantation decisions of farmers.

**Data and empirical strategy.** In this analysis a Tobit regression is employed to model farmers' claimed coffee replacement decisions for the following year after the coffee rust leaf infestation took place. The Coffee Production Survey 2012-13 (MAG, 2014) serves as an adequate data source since this one was collected after a sudden and unexpected significant leaf rust event (from 1 May 2012 to 30 April 2013), which aligns with the requirements of a natural experiment for the analysis of causal relationships.

The complete survey captures data for 5,652 farm units, the sampling frame was built based on the records of the National Agricultural Census III (CENAGRO III) carried out in 2001 in Nicaragua. The farm units in the survey design were stratified by department or groups of neighboring departments. Several department-groups were constructed: Nueva Segovia, Madriz-Estelí, Jinotega, Matagalpa, Northern Caribbean Region (Waslala and Siuna municipalities), Boaco-Chontales, South Caribbean Region and Río San Juan, Chinandega-León, and five departments made up of Managua, Masaya, Granada, Carazo and Rivas. This stratification was matched with another one based on the planted area recorded in the 2011 agricultural census (National Agricultural Census IV- CENAGRO IV), with two purposes: a) to control the variance of the individual groups and b) to study the (possible) differences that could exist between farms of different sizes in some variables indicative of, mainly, the production technology [MAG (2014); Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1998)].

After the coffee leaf rust event of 2012-13, not all farmers strategically planned to replace their coffee plantations, therefore, the nature of the data consists of a naturally zero limited variable, i.e., left censored variable. The standard Tobit model (Tobin, 1958) considers that the dependent variable y is left-censored at zero:

$$y^l = \beta_0 + x \cdot \beta + u, u \vee x \sim Normal(0, \sigma^2)$$
$$y = max(0, y^l)$$

The latent variable $y^l$ is expected to satisfy the classical linear model assumptions; it has a normal, homoskedastic distribution with a linear conditional mean.

Equation (3) implies that the observed variable, y, equals $y^l$ if $y^l \geq 0$, but y = 0 when $y^l < 0$. Because $y^l$ is normally distributed, y has a continuous distribution over strictly positive value (Wooldridge, 2012). The Tobit model is a particular case of a broader family of censored regression models, as the dependent variable may as well be right-censored. The family of censored models are typically estimated by means of the Maximum Likelihood approach.

**Table 1.** Description of variables used in econometric analysis

| Name | Unit | Description | Mean | Median | Sd | Min | Max |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Area_replace | mz[1] | Area that farmer claims to renovate in 2013 | 2.91 | 0 | 10.78 | 0 | 200 |
| Area_Low_Affected | mz | Area of coffee with initial fungus incidence. Presence of the fungus which is combated when normal disease control is carried out | 1.56 | 0 | 6.61 | 0 | 120 |
| Area_Medium_Affected | mz | Area of coffee with severe incidence. Presence of the fungus which requires intensive and rigorous treatment for the plantation to recover. | 1.69 | 0 | 7.3 | 0 | 163.99 |
| Area_High_Affected | mz | Area of coffee with significant incidence and severity. Presence of the fungus which requires that the plantation be renewed. | 1.57 | 0 | 5.73 | 0 | 122 |
| Area_pruned_production | mz | Pruned coffee area that was effectively under production in the last productive cycle (2012-13) | 2.41 | 0 | 10.42 | 0 | 200 |
| Area_pruned_after_cycle | mz | Area of coffee that was pruned after the last productive cycle (2012-13) | 1.83 | 0 | 6.02 | 0 | 100 |
| Area_development | mz | Area with coffee younger than 4 years | 4.15 | 1 | 9.94 | 0 | 160 |
| Farm_area | mz | Total farm area | 59 | 15 | 144.18 | 0.2 | 3,600 |
| Only_coffee_farm | Binary | Farm cultivates only coffee=1, farm produces coffee and other agricultural products=0 | 0.62 | . | . | . | . |
| Organic_approach | Binary | Farmer applies organic fertilizer and no chemical=1, farmer applies chemical fertilizer and no organic=0 | 0.24 | . | . | . | . |
| Received_funding_renewal | Binary | Farmer has received in the past funding for coffee renewal=1, farmer has not received=0 | 0.03 | . | . | . | . |
| Received_any_funding | Binary | Farmer has received any funding in the last 3 years=1, farmer has not received any funding in the last three years=0 | 0.416 | . | . | . | . |

1 One manzana (mz) equals 0.70 hectares (ha).

## RESULTS AND DISCUSSION

The results shown in Table 2 allow to quantify the effect of coffee leaf rust area damage and the associated replacement intensity of coffee area.

Two model's specifications were evaluated. A typical estimation performed by means of Ordinary Least Squares (OLS) with robust standard errors is employed as benchmark model and it is shown with the purpose to contrast the effect of performing the econometric analysis while considering the zero limited nature of the dependent variable with a second model specification. The second model specification corresponds to the Tobit estimation. Both model specifications consider the claimed coffee area expected for renovation as the dependent variable. The average partial effects of the Tobit estimations are interpreted (Table 2) in preference over an interpretation based on the partial effects at the mean; the reason relies in the more useful informative quality of the average partial effects.

This article employs farmer's assessment on the infestation level of their plantations to assess coffee renewal expectations; by using the Coffee Production Survey (MAG, 2014) it is possible to capture this assessment from a natural experiment, providing an advantage over other forms of assessment based on hypothetical surveys of farm planning.

The average partial effect of an additional, severely infested mz of land (*Area_High_Affected*) is 0.172 [One manzana (mz) equals 0.70 hectares (ha)]. This estimated Tobit coefficient shows a significant ($P>|t|$ *0.01*) and positive relationship in the estimated function. The parameter of 0.172 means that, by keeping all other considered economic and farm characteristics constant, approximately 5.8 mz of severely infested coffee area are associated with the replacement of one mz of coffee. The average partial effect of one additional mz of land with (medium) significant coffee leaf rust infestation (*Area_Medium_Affected*) is 0.1019; meaning that farmers claimed to renew one additional mz of coffee whenever, on average, 9.8 mz showed medium but significant rust infestation. Whenever the infestation was low and the presence of the fungus can be combated with normal disease control the estimator *Area_Low_Affected* does not depict statistical significance.

The results from the Tobit regression indicate that changes in the amount of area with previously pruned

coffee that went into production in the 2012-13 cycle are not statistically significant in explaining the replacement expectations of coffee area. The area of coffee that was pruned *after* the productive cycle (2012-13) does show some statistical significance ($P>|t|$ 0.1) in explaining the claimed coffee replacement intensity, yet with a low economic significance of 0.0443.

**Table 2.** Econometric analysis

| Name Variable | OLS | Tobit | Tobit (Average marginal effect) |
|---|---|---|---|
| | Robust Std. Err. | Std. Err. | Delta-method Std. Err. |
| Intercept | 1.1309 ** | -6.285 *** | . |
| | 0.5186 | 0.71453 | . |
| Area_Low_Affected | 0.0235 | 0.0479 | 0.0199 |
| | 0.0393 | 0.0516 | 0.0214 |
| Area_Medium_Affected | 0.1995 *** | 0.2453 *** | 0.1019 *** |
| | 0.0557 | 0.0466 | 0.0194 |
| Area_High_Affected | .2606 ** | 0.4139 *** | 0.172 *** |
| | 0.1237 | 0.0631 | 0.0262 |
| Area_pruned_production | 0.0116 | 0.0331 | 0.0137 |
| | 0.0333 | 0.0344 | 0.0143 |
| Area_pruned_after_cycle | 0.0491 | .1068 * | 0.0443 * |
| | 0.0799 | 0.0631 | 0.0262 |
| Only_coffee_farm | -0.8944 * | -1.780 ** | -0.7396 ** |
| | 0.5357 | 0.7332 | 0.305 |
| Organic_approach | 1.7646 ** | 4.0696 *** | 1.6919 *** |
| | 0.8275 | 0.8033 | 0.3347 |
| Farm_area | .0111 ** | .01059 *** | 0.0044 *** |
| | 0.0045 | 0.0031 | 0.0013 |
| Area_development | 0.0831 | 0.1283 *** | 0.0533 *** |
| | 0.0505 | 0.0434 | 0.018 |
| Received_funding_renewal | 2.0458 * | 3.5205 ** | 1.4628 * |
| | 1.1187 | 1.8709 | 0.7775 |
| Received_any_funding | -0.1679 | 2.0758 *** | 0.8625 *** |
| | 0.3737 | 0.7252 | 0.3012 |
| Observations | 2009 | 2009 | 2009 |
| R-squared | 0.1438 | . | . |
| Pseudo R2 | . | 0.0291 | . |
| F Statistic | 10.99 *** | . | . |
| Left censored | . | 885 | . |
| Uncensored | . | 1124 | . |
| LR chi2 (11) | . | 303.52 *** | . |

Significance level: *** $p>|t|$ 0.01, ** $p>|t|$ 0.05, * $p>|t|$ 0.1.

Farms that are specialized in coffee production are estimated, on average, to replace less coffee area than diversified farmers. Farms that are only producing coffee are expected to renew, ceteris paribus, circa 0.74 mz less than farms that are diversified. Moreover, farmers that follow an organic production approach (i.e., farmers that apply organic fertilizer and no chemical fertilizer) show a statistically significant difference in the claimed renewal plan in contrast to farmers not following an organic production approach; the former are expected to renew, on average, 1.69 mz more than non-organic oriented farmers.

The farm area with coffee younger than 4 years was introduced in the econometric analysis to control unobserved innate replacement and investment behavior of farmers; the area with coffee plantations below 4 years means that investments were already made in years previous to the rust outbreak. Additionally, the inclusion of this variable can potentially control for unobserved liquidity (or other financial) constraints at the farm level. Although the farm area with coffee younger than 4 years plays a statistically significant role in explaining claimed coffee renewals, the economic significance of this variable (*Area development*) is not particularly high. Likewise, the variable representing the total farm area (*Farm area*) does not show a relevant economic significance and serves, mostly, for controlling other unobserved and non quantifiable missing variables such as path dependence and as control effect within the Tobit equation.

More interestingly, the Tobit estimators highlight the relevance of funding for coffee renewals; both explanatory variables that represent a reception of a form of funding (*Received_funding*_renewal, *Received_any_funding*) show a statistically and economically positive relationship towards claimed replacement plans of coffee area.

The econometric analysis here performed considered also farm-level characteristics in the aim to explain the drivers of coffee renewal. The results from the Tobit regression indicate that changes in the area of pruned coffee that went already into production in the productive cycle 2012-13 did not significantly explain the replacement expectations of coffee area. Likewise, the area of coffee that was pruned after the last productive cycle (2012-13) does not seem to affect the decisions to renew coffee area. These results are as expected, since the pruning can be interpreted as a substitute to renewal. It has to be noticed that farmers can decide to prune their plantations as an alternative to a plantation replacement, yet this management approach, while reducing production potential at the following productive cycle, does not fully guarantee a healthy coffee plant in the future (Villarreyna, 2014).

From an agroecological point of view, the age and altitude of the plants and coffee parcels respectively are not adequately captured in the employed data base, therefore, they are not introduced in the shown regressions. Due to the lack of variability on the altitude measurements and the categorical nature of the variable for the age of the plantations, the predictive power of these variables is reduced. From a statistical point of view, potential critics to distinctive forms of endogenous effects in the econometric estimations can be arguably ruled out if these are based on farm-specific management characteristics: anecdotal evidence suggests that there is no clear relationship in the level of coffee leaf rust infestation between - perceived - good and poorly managed farms (Mendoza, 2013); much of the observed infestation might as well be the result of high harvesters traffic between highly and poorly productive farms and other location-specific characteristics of the plantations.

It is important to notice that alone, the quantified partial effects of area affected with coffee leaf rust do not fully explain the remarkable nationwide increase in the land use dedicated to coffee production in the aftermath of the rust outbreak. In light of apparent difficulties in establishing a quick and efficient coffee renewal strategy at the national level in the aftermath of the coffee rust outbreak, the coffee productive area did not exhibit a particular delay in reaching its pre-outbreak level; the expected gestation period of typical coffee plantation resembles very well the time in which the total coffee producing area of the country remained below the pre-outbreak level. Moreover, the coffee producing area went well beyond this level even when international prices did not seem entirely favorable.

Since this article captures and quantifies just one element of the -complex- entrepreneurial behavior of coffee farmers, it is expected that the further increase in coffee productive area after 2017-18 was triggered by new investments of other nature. For this interpretation it can only be hypothesized that exogenous triggers contributed to the increase in coffee producing area; for instance, capital flows such as the USD 10 million credit line provided by the World Bank to the Mercon Coffee Group or the USD 7.7 million loan for coffee renovation managed by Root Capital with support of The Sustainable Trade Initiative, the US Agency for International Development and the Multilateral Investment Fund of the Inter-American Development Bank (Root Capital, 2016) represented likely support frameworks for renewal and new investments in coffee cultivation.

## CONCLUSIONS

In this article the focus was to quantify the drivers of claimed coffee renewal intensity by directly capturing the effect of coffee leaf rust infestation and other on-farm characteristics. The econometric estimations performed here allowed to distinguish the pure coffee leaf rust effects from the effect of other (public) support efforts in renewing coffee plantations.

This article reviews the coffee leaf rust outbreak of 2012-13 in Nicaragua. By taking an historical view ten years from the coffee crisis in Central America, the course of coffee productive area was observed between 2005 and 2021. The significant decrease in the coffee producing area between 2012 and 2015 (and the associated economic losses) raised questions regarding the exposure and resilience of the coffee producing activity in Nicaragua to low frequency catastrophic events.

The above estimates were made using the 2012-2013 Coffee production survey reported by the Ministry of Agriculture in 2014, and the survey was captured during and after the coffee leaf rust events were observed by farmers; while the timing and capturing of the socioeconomic data captured in this survey is adequate for capturing the causal relationship here presented, it becomes important to expand the analysis by means of pooled data analysis. The Coffee Production Survey for the upcoming agricultural cycles can serve as a key data source to identify dynamic changes in the funding requirements as well as exogenous shifts in the investment (and coffee renewal) behavior of farmers. Further research should be oriented along this pathway.

A statistically significant and positive effect is observed between the area affected by coffee leaf rust and the claimed farmer coffee renewal plan; the larger the infestation degree is estimated to derive into a larger intensity of coffee renewal, yet the estimations here performed suggest that this coffee renewal is not expected to happen at a one-to-one basis. In order to replace one additional mz of land, the affected area with coffee leaf rust (medium infestation) is shown to require a minimum level of 9.8 mz, this while considering that the average farm size is about 59 mz (2012-13). The average partial effects of the Tobit estimations were interpreted in this article, which suggests that the estimated coefficients require to keep the mean farm size as benchmark

for interpretation. Anecdotal registers point towards an estimation of USD 4,600 per mz in costs (2012-2013) for coffee renewal purposes, this suggests that renewing 5.8 mz of severely infested coffee would require USD 26,680 and renewing 9.8 mz of medium but significant infested coffee requires USD 45,080.

The obtained econometric results obtained in this exercise highlight the importance of funding in the claimed coffee renewal intensity. Receiving funding for coffee plantation renewal purposes was estimated to contribute at largest to the claimed renewal of coffee area if one compares the remaining estimated coefficients; on average, farmers that received funding for renewal expect to renew additional 1.46 mz of coffee in comparison to farmers that did not express receiving funding for renewal. This marginal effect is, by large, the most economically significant from the here presented estimations.

## BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

Avelino, J., Cristancho, M., Georgiou, S., Imbach, P., Aguilar, L., Bornemann, G., Läderach, P., Anzueto, P., Hruska, A. J. & Morales, C. (2015). The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008–2013): impacts, plausible causes and proposed solutions. *Food Security*, 7, 303–321. https://link.springer.com/article/10.1007/s12571-015-0446-9

Banco Central de Nicaragua. (2014). *Gobierno instala Comisión Nacional de Transformación y Desarrollo de la Caficultura*. https://www.bcn.gob.ni/sites/default/files/noticias/Gobierno%20instala%20Comisi%C3%B3n%20Nacional%20de%20Transformaci%C3%B3n%20y%20Desarrollo%20de%20la%20Caficultura.pdf

Banco Central de Nicaragua. (2021). *Anuario de Estadísticas Macroeconómicas*. Banco Central de Nicaragua (BCN).

Bucardo Pérez, C. J. (2015). *Impacto económico de la Roya (Hemileia vastatrix) del Café (Coffea arábica) en Nicaragua en los ciclos comprendidos entre el (2008/2009 – 2012/2013)* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. https://repositorio.una.edu.ni/3131/1/tne71b918.pdf

El19Digital. (2013). *Presidente Daniel presenta Plan de Producción, Consumo y Exportación 2013*. https://www.el19digital.com/articulos/ver/titulo:10246-presidente-daniel-presenta-plan-de-produccion-consumo-y-exportacion-2013

Fundación Nicaragüense para el Desarrollo Económico y Social. (2013a). *Situación del café en Nicaragua e impacto de la Roya. Nota técnica No. 01/13*. FUNIDES

Fundación Nicaragüense para el Desarrollo Económico y Social. (2013b). *Impacto de la roya en Nicaragua*. FUNIDES.

International Coffee Organization. (2013). *Report on the outbreak of coffee leaf rust in Central America and Action Plan to combat the pest*. http://www.ico.org/documents/cy2012-13/ed-2157e-report-clr.pdf

Jarquín, E. J. y Jiménez-Martínez, E. (2021). Caracterización socioeconómica y fitosanitaria de 25 sistemas de producción de café (Coffea arábica L.) en tres municipios de Matagalpa, 2020. *La Calera*, *21*(37), 111-118. https://doi.org/10.5377/calera.v21i37.12782

Mendoza Vidaurre, R. (2013). *El café en los tiempos de la roya*. https://www.envio.org.ni/articulo/4653

Ministerio Agropecuario. (2014). *Sistema de información agropecuaria*. https://www.mag.gob.ni/

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1998). *Encuestas agrícolas con múltiples marcos de muestreo: Programas de encuestas agropecuarias basadas en diseños de muestreo con marcos de áreas o doble marco de selección (de áreas y de lista)*. https://www.fao.org/3/w7334es/W7334ES.pdf

Root Capital. (2016). *Financing Farm Renovation: How to Build Resilience Using a Blend of Capital*. https://rootcapital.org/wp-content/uploads/2018/01/Root-Capital-CFRI-Learning-Report-Full-Report.pdf

Ruiz, A. y Mendoza, F. (2014). *Impacto de la roya en los medios de vida de familias productoras y jornaleros del café en Nicaragua* (2 ed.). Instituto de Investigación y Desarrollo Nitlapan, OXFAM. https://www.researchgate.net/publication/313724004_Impacto_de_la_Roya_en_los_medios_de_vida_de_las_familias_productoras_y_jornaleros_de_cafe_en_Nicaragua

Villarreyna Acuña, R. A. (2014). *Análisis de las condiciones de manejo que propiciaron el impacto de la roya (Hemileia vastatrix) en la zona cafetalera de los municipios de Jinotega, El Tuma-La Dalia y San Ramón, Nicaragua* [Tesis de Maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. Repositorio del Conocimiento Institucional. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7167

Tobin, J. (1958). Estimation of relationships for limited dependent variables. *Econometrica*, *26*(1), 24–36. https://doi.org/10.2307/1907382

Wooldridge, J. (2012). *Introductory Econometrics: A modern approach* (5 ed.). Cengage Learning, Inc.

LA CALERA Revista Científica
Vol. 23 N° 41, p 99 - 104 / diciembre 2023
ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni
RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

# Erodabilidad en suelos Andisoles, Mollisoles y Vertisoles de la región del Pacífico de Nicaragua

## Erodability in Andisols, Mollisols and Vertisols soils from the Pacific Region of Nicaragua

**Maykeling Lisbeth Treminio Corea[1], Reynaldo Bismarck Mendoza Corrales[2], Miguel Angel Garmendia Zapata[3],**
[1] Ingeniera Agrícola, Departamento de Ingeniería Agrícola, Facultad de Agronomía, ORCID: https://orcid.org/0009-0000-4492-6401 / maykeling.treminio@ci.una.edu.ni
[2] MSc. en Recursos Naturales – especialidad en ciencias del suelo y mención en estadística, departamento de Manejo de cuencas, Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4382-7983 / rmendoza@ci.una.edu.ni
[3] MSc. en Biología Ambiental y de Bosques - Ecología, departamento de Manejo de Bosques y Ecosistemas, Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9080-7670 / garmendiaz@ci.una.edu.ni
Universidad Nacional Agraria
*Autor de correspondencia*: rmendoza@ci.una.edu.ni

**RESUMEN**

Los modelos de predicción son una alternativa para reducir costos por monitoreo de la erosión en campo. El objetivo de esta investigación fue proponer un modelo local de mayor predicción de la erodabilidad, para esto, treinta muestras de suelo fueron colectadas en siete municipios de la región del Pacífico de Nicaragua en suelos Andisoles, Mollisoles, y Vertisoles, bajo diferentes usos productivos. Las variables estudiadas en campo fueron: permeabilidad superficial y tipo de estructura. En laboratorio; granulometría, materia orgánica y estabilidad de agregados. Los análisis estadísticos se realizaron en el software RStudio (2022), aplicándose pruebas de normalidad de Shapiro-Wilks, análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis y el Modelo de Regresión Lineal Múltiple. Donde las variables con mayor incidencia en la erodabilidad son el porcentaje de limo, porcentaje de arena muy fina y la permeabilidad superficial. El modelo de Regresión Lineal Múltiple propuesto $K$ = -0.0608+0.0076($a$)+0.0123($b$)-0.0261($c$) -0.000056($d$)+0.0011($e$), encontró que las variables: porcentaje de limo ($a$), porcentaje de arena muy fina ($b$), contenido de materia orgánica ($c$), permeabilidad superficial ($d$) y estabilidad de agregados ($e$), presentan alto y significativo poder predictivo de 87.64 %, con una $Pr(>|t|)$= $2.06\times10^{-10}$, $5.34\times10^{-5}$, $8\times10^{4}$, $12\times10^{2}$ y $11\times10^{2}$ respectivamente.

***Palabras clave*:** modelo de regresión lineal múltiple, permeabilidad superficial, estabilidad de los agregados, porcentaje de limo, contenido de materia orgánica.

**ABSTRACT**

Prediction models are an alternative to reduce costs for monitoring soil erosion in the field. The objective of this research was to propose a local model of greater erodibility (K) prediction, for this, thirty soil samples were collected in seven municipalities of the Pacific region of Nicaragua in Andisols, Mollisols, and Vertisols soils, under different productive uses. The variables studied were: surface soil permeability and soil type structure in the field. In the laboratory; granulometry, soil organic matter and soil aggregates stability. Statistical analyzes were performed using the RStudio (2022) software, applying Shapiro-Wilks normality tests, Kruskal-Wallis non-parametric analysis, and the Multiple Linear Regression Model. Were the variables with the highest incidence in the soil erodibility are the percentage of silt, very fine sand, and the superficial soil permeability. The proposed Multiple Linear Regression model $K$ = -0.0608+0.0076($a$)+0.0123($b$)-0.0261($c$) -0.000056($d$)+0.0011($e$), found that the variables: percentage of silt ($a$), percentage of very fine sand ($b$), organic matter content ($c$), surface permeability ($d$) and aggregate stability ($e$), present high and significant predictive power of 87.64%, with a $Pr(>|t|)$= $2.06\times10^{-10}$, $5.34\times10^{-5}$, $8\times10^{4}$, $12\times10^{2}$ and $11\times10^{2}$ respectively.

***Keywords:*** Multiple linear regression model, surface permeability, aggregate stability, silt soil percentage, soil organic matter content.

*Recibido: 23 de mayo del 2023*
*Aceptado: 25 de agosto 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).

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni



El modelo más conocido para predecir pérdidas de suelo por erosión hídrica es la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (EUPS por sus siglas en inglés). Algunos factores de la ecuación han sido modificados de acuerdo con el lugar y condiciones del medio donde se aplica (Ramírez *et al*., 2009). Lal y Elliot (1994) señalan que "La erodabilidad del suelo, es una medida de la susceptibilidad de éste a la disgregación o separación de las partículas y al transporte de éstas por agentes erosivos" como se cita en Abarzúa (2017, p. 3). El factor K (coeficiente de erodabilidad) toma su valor en función de las propiedades físicas del suelo responsables de la formación y estabilidad de la estructura, de la capacidad de almacenar y transmitir agua a través del espacio poroso. Wischmeier y Smith (1978) determinaron el coeficiente de erodabilidad (K), a través de las propiedades físicas: textura, porcentaje de materia orgánica, estructura y permeabilidad.

Los modelos de predicción son una alternativa para reducir costos por monitoreo de la erosión en campo. Por ejemplo, en los Estados Unidos, en 1946 se establecieron 100 000 parcelas de erosión para entender la relación entre factores y así, desarrollar un primer modelo de predicción "Corn Belt Equation". En 1976, el Servicio de Conservación de Suelo de USDA, publicó el modelo de predicción USLE (ecuación universal de pérdidas de suelo), modificado por Wischmeier y Smith en 1978.

En Nicaragua entre los años 1989 y 2002, se establecieron más de 40 parcelas de erosión (Mendoza y Rivas, 1996; Mendoza y Cassel, 2002) para validar el modelo de Wischmeier y Smith (1978). En el año 2000, en dos pequeñas unidades hidrográficas, se instalaron seis colectores automatizados de sedimentos (Rivas, 2023). Estos estudios, reportaron tasas de erosión, menores a los valores de predicción computados a través del modelo EUPS. Fenómeno relacionado a la presencia de un micro relieve que intercepta la escorrentía a mayor longitud del gradiente, y a la ocurrencia de rápidas tasas de infiltración de agua, en suelos derivados de cenizas volcánicas.

El presente estudio propone una correspondencia entre la tasa de infiltración de agua en el suelo y la permeabilidad. Incorpora la estabilidad de los agregados en agua, en lugar del simple código de tipo de agregado que propuso Wischmeier y Smith (1978). Obteniendo un modelo adaptado del factor K, que permitiría en Nicaragua, utilizar con mayor precisión el modelo USLE, y así facilitar a los planificadores del uso de la tierra, reducir costo por monitoreo de erosión en campo, considerando que las variables contenido de limo, materia orgánica en el suelo, permeabilidad superficial y estabilidad de los agregados en agua, optimizan el valor de K, contribuyendo a mejorar el poder predictivo del modelo USLE, para suelos Andisoles, Mollisoles y Vertisoles de la región del pacífico de Nicaragua.

El objetivo de esta investigación es estudiar el comportamiento de la erodabilidad en los suelos Andisoles, Mollisoles y Vertisoles de la región del pacífico de Nicaragua, a la vez, proponer un modelo local de mayor predicción de la erodabilidad a partir del contenido porcentual de limo, materia orgánica, permeabilidad superficial y estabilidad de los agregados en agua, en los suelos antes mencionados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** La investigación se desarrolló en los municipios de Telica, León, Tipitapa, Granada, Diriá, Masaya y Niquinohomo, ubicados en la región del pacífico de Nicaragua. El muestreo se realizó en el 2002 en los órdenes de suelo Andisoles, Mollisoles y Vertisoles; su localización se observa en Figura 1.

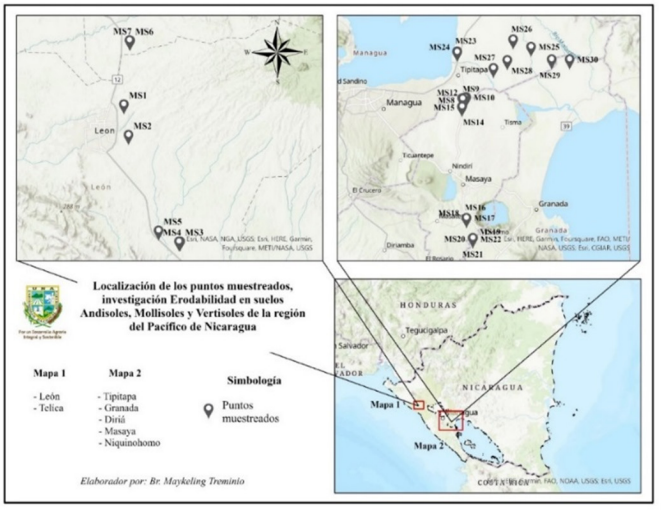



**Figura 1.** Localización de los puntos muestreados en los municipios de Telica, León, Tipitapa, Granada, Diriá, Masaya y Niquinohomo, Nicaragua, 2002.

**Condiciones edafoclimáticas**. En la región del Pacífico de Nicaragua, los materiales volcánicos expulsados están formados por roca volcánica, escoria y ceniza que varían en sus características físicas, (grado de cementación) y químicas (p. II-593). (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1971). En la región del Pacífico la temporada de lluvia es opresiva y nublada, con precipitaciones promedio de 1 000 mm a más de 1 400 mm. La temporada seca es bochornosa, ventosa y mayormente despejada y la temperatura varía de 20 °C a 34 °C y rara vez baja a 18 °C [Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2019)].

Según el INETER (2021), los suelo Andisoles son de origen volcánico por antonomasia, se forman de cenizas, vidrios volcánicos, materiales piroclásticos, de colores oscuros, siendo altamente porosos, ligeros, permeables, de buena estructura y fáciles de trabajar. Presentan una horizonación típica de suelos jóvenes A-Bw-C-R (p. 44).

Los suelos Mollisoles, son suelos oscuros, enriquecidos por materia orgánica, suaves, bien estructurados, no son duros ni masivos cuando secos, de alta fertilidad natural. Su horizonación es A-Bt-C-R o pueden encontrarse otras variantes en función del grado de desarrollo del suelo (p. 45). Los suelos Vertisoles corresponden a suelos muy arcillosos; durante las épocas secas se agrietan y durante el período lluvioso se expanden y se encharcan con facilidad por su estructura prismática, son muy pesados para laborarlos, aunque desde el punto de vista químico son ricos en nutrientes (Ca, Mg, Na, K), pueden contener cantidades considerables de materia orgánica y carbonatos de calcio. (p. 46)

**Cuadro 2**. Clases de permeabilidad (I)

| Código | Permeabilidad superficial | Velocidades de infiltración ($mm \cdot h^{-1}$) |
|---|---|---|
| 1 | Rápida | ($125\ mm \cdot h^{-1} < I <\ 250\ mm \cdot h^{-1}$) |
| 2 | De rápida a moderada | ($62\ mm \cdot h^{-1} < I < 125\ mm \cdot h^{-1}$) |
| 3 | Moderada | ($20\ mm \cdot h^{-1} < I < 62\ mm \cdot h^{-1}$) |
| 4 | De moderada a lenta | ($5\ mm \cdot h^{-1} < I < 20\ mm \cdot h^{-1}$) |
| 5 | Lenta | ($1.2\ mm \cdot h^{-1} < I < 5\ mm \cdot h^{-1}$) |
| 6 | Muy lenta | ($1.2\ mm \cdot h^{-1} < I$) |

Fuente: Gisbert *et al*. (2012).

**Diseño metodológico y recolección de datos**. Treinta puntos de muestreo fueron seleccionados en los municipios de Telica, León, Tipitapa, Masaya, Niquinohomo, Diriá y Granada; en los cuales predominan los cultivos de maní, pasto, granos básicos, arroz, bosque ralo y sistemas agroforestales. Para la selección de los puntos de muestreo se consideró la existencia de base de datos de investigación en erosión de suelo. Las muestras se tomaron a 10 cm de profundidad y se trasladaron al laboratorio de suelos y agua de la Universidad Nacional Agraria (LABSA – UNA), localizado en Managua, para realizar análisis de textura, materia orgánica y estabilidad estructural de los agregados en agua.

La textura se determinó con el método de la Pipeta (código LABSA-FS-P03). El porcentaje de materia orgánica con el método GLOSOLAN-SOP-02. El tipo de estructura se determinó por observación visual, según la guía del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1999) y los códigos de la estructura se categorizaron según la USLE (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Clases de estructuras superficiales

| Código | Estructura | Diámetro de partículas |
|---|---|---|
| 1 | Granular muy fina | ($\emptyset < 1\ mm$) |
| 2 | Granular fina | ($1\ mm < \emptyset < 2\ mm$) |
| 3 | Granular de media a gruesa | ($2\ mm < \emptyset < 10\ mm$) |
| 4 | Cúbica, laminar o masiva | |

**Fuente:** Gisbert *et al*. (2012).

**Permeabilidad superficial (mm $h^{-1}$)**. Se estimó en campo a través del método de infiltración con anillos sencillos (USDA, 1999). Aplicando tres pulgadas de agua, donde se asumió la primera pulgada de agua como sortividad, la segunda pulgada de agua infiltrada como infiltración estable y la tercera pulgada como la permeabilidad superficial, la clasificación de estás se presenta en el Cuadro 2.

**Estabilidad de agregados en agua**. El porcentaje de estabilidad de los agregados se determinó en el LABSA-UNA con la metodología de Grossman (1987), adecuada al manual del equipo de tamizado húmedo (Eijkelkamp, 2018). El procedimiento en el laboratorio consistió en:

1. Secado de muestra de suelo al aire y pase por los tamices de 2 a 1 mm.
2. Colocar los tamices en el soporte del equipo y las latas numeradas.
3. Agregar 80 ml de agua destilada a las latas, de modo que la muestra se mueva bajo el agua durante el tamizado.
4. Pesar 3 g de la muestra de suelo de 1-2 mm y agregarlo a los tamices.
5. Colocar el soporte de tamiz en la posición de trabajo, colocando el soporte del tamiz en el segundo orificio del eje.
6. Comprobar si el interruptor de red está en la posición “of” y coloque el adaptador en un enchufe de pared.
7. Poner en marcha el motor con el interruptor de red en la posición “3 min” y dejar que suba y baje el porta-tamices durante 3 min (recorrido = 1.3 cm, a unas 34 veces/min), al final de este tiempo el motor se detendrá automáticamente.
8. Después del tamizado húmedo, agregar el contenido retenido en el tamiz a una tara previamente pesada y lleve al horno durante 24 horas a una temperatura de 105 °C.
9. Pesar el contenido una vez que esté seco.
10. Agregar 80 ml de Hexametafosfato de sodio $(NaPO_3)_6$ a las latas y el contenido del suelo al tamiz receptor.
11. Sumergir la muestra de suelo en el agente dispersante durante 30 min y luego ponga en marcha el equipo durante 10 minutos.
12. Después del tamizado húmedo con el agente dispersante, agregar el contenido retenido en el tamiz a la tara antes usada y lleve al horno durante 24 horas a una temperatura de 105 °C.
13. Pesar el contenido una vez que esté seco.
14. Los 2 - 0.5 mm retenidos en el tamiz después del tratamiento de dispersión se restan del peso retenido y el peso inicial de la muestra en el cálculo del porcentaje de retención.

***Nota***. Para suelos vertisols (arcillas 2:1 montmorillonita), el terrón de la muestra se humedeció 50 %, para desagregar

los agregados grandes a un tamaño entre 2 – 4 mm, para el análisis de estabilidad.

**Análisis de datos.** Los análisis estadísticos se realizaron en el programa R 4.2.2 (R Core Team, 2022) y su interfaz RStudio 2022.07.1 (RStudio Team, 2022), con un nivel de significancia de 0.05. Se aplicaron pruebas de normalidad Shapiro– Wilk; y el análisis Kruskal– Wallis, para análisis de independencia no paramétrica (medianas), considerada una alternativa al ANDEVA. La variable numérica es K (erodabilidad) y las variables categóricas fueron: orden, gran grupo, y estructura del suelo. Para comparación múltiple se utilizó a Dunn.

El coeficiente de correlación de Spearman se utilizó para determinar la dirección y fuerza de las correlaciones y nivel de significancia. Donde la variable dependiente es K, con las independientes; limo, arena muy fina, arcilla, permeabilidad superficial y materia orgánica.

El modelo regresión lineal múltiple creado en esta investigación es para predecir los valores de la variable dependiente erodabilidad (K). El modelo aplicado fue: $Y=\beta_0+\beta_1 X_1+\beta_2 X_2+\beta_3 X_3+\beta_4 X_4+ \varepsilon$ donde, Y: representa el factor K, $(t \cdot ha \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot ha^{-1} \cdot mm^{-1})$, $\beta_0$: ordenada del origen del plano de regresión, $X_1$: porcentaje de limo, $X_2$: porcentaje de materia orgánica , $X_3$: permeabilidad superficial $(mm \cdot h^{-1})$, $X_4$: porcentaje de estabilidad de los agregados, y ε: error de la ecuación.

Los supuestos del modelo de Regresión Lineal Múltiple fueron: linealidad se refiere a que la relación entre las variables sea lineal; normalidad que determina si los datos siguen una distribución normal; homocedasticidad que se refiere a la homogeneidad de la varianza de los residuales; independencia de los residuales que explora si los residuales son dependientes (están correlacionados) o son independientes (no están correlacionados).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**La erodabilidad de los suelos.** La erodabilidad del suelo es un factor afectado significativamente por su localización, tipo de suelo, estructuras desarrolladas, y el uso de este (Figura 2). En este estudio se evidencia que los valores de erodabilidad (t · ha ·h · $MJ^{-1}$ · $ha^{-1}$ · $mm^{-1}$) calculados fueron significativamente diferentes entre ordenes de suelo ($p$ = 0.0006), y subgrupos taxonómicos ($p$ = 0.0001), presentando el suelo *Durustolls* la mayor erodabilidad y el *Haplusterts* el menor valor de K.

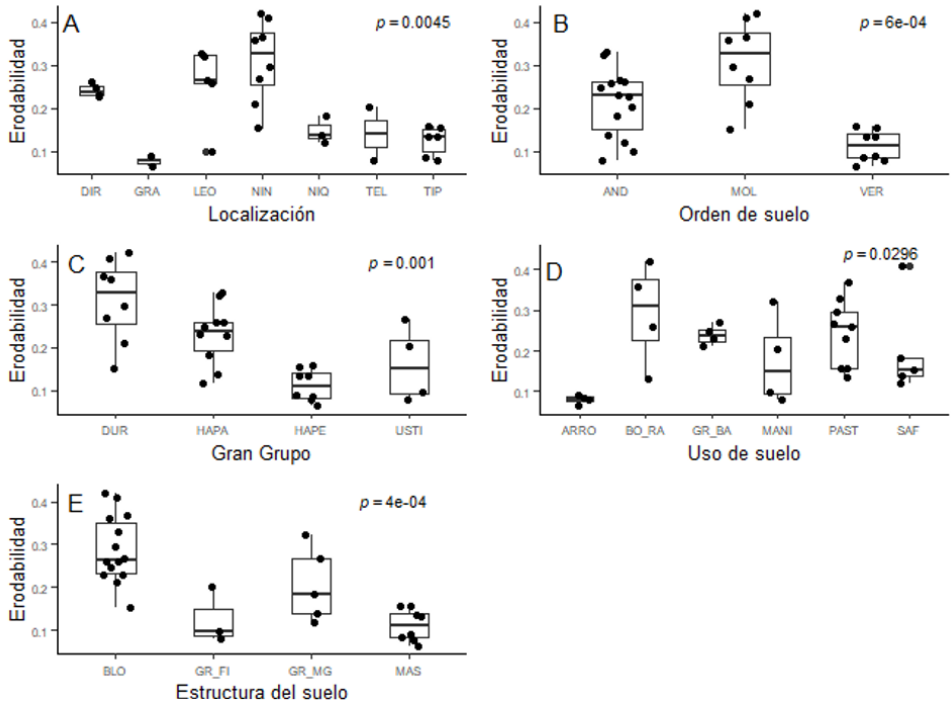



**Figura 2.** Comparación de la erodabilidad en función de B. Orden de suelo (AND: Andisols, MOL: Mollisols y VER: Vertisols), C: Gran Grupo (DUR: Durustolls, HAPA: Haplustands, HAPE: Haplusterts y USTI: Ustivitrands), para los suelos de la región Pacífica de Nicaragua, 2022.

**Propiedades y erodabilidad de los suelos.** El análisis de correlación de Spearman (Figura 3), mostró una correlación positiva ($r_s$=0.69) entre el porcentaje de limo y el valor de K, relación considerada moderadamente fuerte y significativa ($p \leq 0.001$). También, el porcentaje de arena muy fina presentó una correlación positiva ($r_s$=0.43) moderada y significativa ($p \leq 0.05$), con respecto a K. El análisis también muestra una correlación negativa ($r_s$=-0.46), entre la permeabilidad superficial y la erodabilidad, con una relación moderada y significativa ($p \leq 0.05$). Los suelos sensibles a la erosión serán aquellos que tengan partículas débilmente unidas y una permeabilidad muy baja (Cantero, 2021).

Sin embargo, el porcentaje de materia orgánica y contenido de arcillas no fueron influyentes en la erodabilidad (Figura 3), debido a la mineralogía variante de las arcillas en estos suelos; partiendo de arcillas del tipo 2:1 (montmorillonita) a las amorfas del tipo alófanas. Según, Sánchez (1981), "Los Vertisoles, Molisoles, y Andisoles y Entisoles tienen familias mineralógicas montmoriloníticas,

vermiculitas, cloriticas, ilíticas, carbonáticas, silíceas o mezcladas" (p. 142).

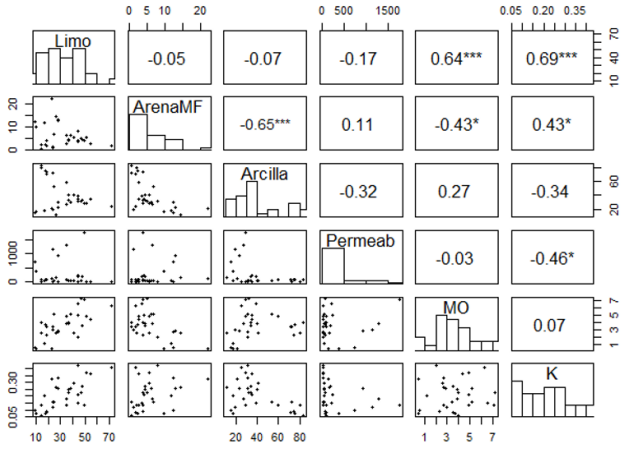



**Figura 3.** Correlación entre las variables % limo, % arena muy fina (ArenaMF), % arcilla, permeabilidad (mm $h^{-1}$), materia orgánica (% MO) y erodabilidad (t · ha · h · $MJ^{-1}$ · $ha^{-1}$ · $mm^{-1}$, K). La diagonal representando la distribución de cada variable; sobre la diagonal se presenta los valores de correlación y significancia (asteriscos); bajo la diagonal la dispersión para cada par de variable. Suelos de la región Pacífica de Nicaragua, 2022.

**Modelo propuesto de erodabilidad**. El modelo propuesto predice con un 87.64 % de variabilidad la erodabilidad de los suelos Andisoles, Mollisoles y Vertisoles, de acuerdo con el coeficiente de determinación ajustado. Estos coeficientes son significativos para: porcentaje de limo, porcentaje de arena muy fina, contenido de materia orgánica, permeabilidad superficial y estabilidad de los agregados en agua; con valores de probabilidades $Pr(>|t|)= 2.06\times10^{-10}$, $5.34\times10^{-5}$, $8\times10^{4}$, $12\times10^{2}$ y $11\times10^{2}$, respectivamente.

El modelo identifica los diferentes interceptos para cada variable, en lenguaje del software Rstudio (*ec*.1), los que fueron transformados al lenguaje matemático (*ec*.2).

El Modelo de Regresión Lineal Múltiple propuesto para determinar la erodabilidad en suelos Andisoles, Mollisoles y Vertisoles de la región del Pacífico corresponde a:

$K$=-6.08*e*-2+7.64*e*-3(*Limo*)+1.23*e*-2(*ArenaMF*)+(-2.61*e*-2(*MO*))+(-5.6e-5(*Permeab*))+1.1e-3(*EEA*) (*ec*.1)

finalmente

$K$=-0.0608+0.0076(a)+0.0123(b)-0.0261(c)-0.000056(d)+0.0011(e) (*ec*.2)

Donde

$K$: Erodabilidad (*t* · *ha* · *h* · *MJ-1* · $ha^{-1}$ · $mm^{-1}$)
*a*: Porcentaje de limo (%),
*b*: Porcentaje de arena muy fina (%)
*c*: Porcentaje de materia orgánica (%)
*d*: Permeabilidad superficial ($mm \cdot h^{-1}$)
*e*: Estabilidad estructural de los agregados (%)

Los modelos de Regresión Lineal Simple de cada variable indican que solamente el limo tiene el poder predictivo para la erodabilidad ($R^2$=0.4545, $p$= $2.653\times10^{-5}$); en cambio el porcentaje de arena muy fina, porcentaje de materia orgánica, permeabilidad superficial y estabilidad de los agregados no tienen las características para poder predecir con precisión el factor K. Sin embargo, las cinco variables en el modelo de Regresión Lineal Múltiple son significativas, consistente y con alto poder de determinación de la erodabilidad.

## CONCLUSIONES

La erodabilidad en los suelos Andisoles, Mollisoles y Vertisoles de la región del Pacífico de Nicaragua incrementa a medida que aumentan los porcentajes de limo y de arena muy fina. Sin embargo, esta erodabilidad es afectada por la disminución de la permeabilidad superficial de agua en el suelo. Es decir, a medida que aumenta la permeabilidad superficial disminuye el valor de la erodabilidad.

El modelo de regresión generado $K$ = -0.0608 + 0.0076(*a*) + 0.0123(*b*) - 0.0261(*c*) - 0.000056(*d*) + 0.0011(*e*), tiene un poder predictivo de 87.64 % y se encontró que las variables, porcentaje de limo (*a*), porcentaje de arena muy fina (*b*), contenido de materia orgánica (*c*), permeabilidad superficial (*d*) y estabilidad de los agregados (*e*), presentaron alto y significativo poder predictivo para determinar el valor de la erodabilidad (K) para los suelos Andisoles, Mollisoles y Vertisoles de la región del Pacifico de Nicaragua.

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abarzúa Muñoz, A. C. (2017). *Evaluación de la erodabilidad de algunos suelos de chile de uso actual forestal mediante índices basados en propiedades del suelo de fácil medición* [Tesis de grado, Universidad de Chile]. Repositorio académico http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/151383/Evaluacion-de-la-erodabilidad-de-algunos-suelos-de-Chile.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cantero Benirez, M. (2021). *Erosión hídrica*. https://www.studocu.com/co/.document/universidad-pontificia-bolivariana/sistemas-de-gestion/.erosion-hidrica/14052684

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (1999). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Gu%C3%ADa%20para%20la%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20y%20Salud%20del%20Suelo.pdf

Eijkelkamp Soil y Water. (2018). *Manual aparato de tamizado húmedo*. https://sp.eijkelkamp.com/productos/equipos-de-laboratorio/especificaciones-tecnicas-estabilidad-de-los-agregados.html

Grossman, R. B. (1987). *Methods appendix: Agronomically-related soil survey characterization procedures*. Soil Scientist, NSSL.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (2019). *Precipitaciones, temperaturas media mínima y máxima anual*. INETER.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2021). *Primer atlas Nacional de Suelos de la República de Nicaragua. Clasificación taxonómica de los suelos*. INETER.

Mendoza Corrales, R. B. y Rivas Cerda, D. (1996). *Informe anual parcelas de escurrimiento con el proyecto agroforestal El Pital*. Universidad Nacional Agraria

Mendoza Corrales, R. B. & Cassel, D. K. (2002). *Hedgerows and their effects on crop productivity and soil loss induced by water and tillage erosion on small runoff plots in the el pital watershed, Nicaragua*.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (1971). *Levantamiento de suelos de la región pacífica de Nicaragua*.

R Core Team. (2022). *R: A language and environment for statistical computing* (versión 4.2.1) [software]. https://www.R-project.org/

Ramírez Ortiz, F. A., Hincapié Gómez, E. y Sadeghian Khalajabadi, S. (2009). Erodabilidad de los suelos de la zona central cafetalera del departamento de caldas. *Cenicafé*, *60*(1), 58-71. https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/157/1/arc060(01)58-71.pdf

Rivas, D. (2023). *Cultivate Steepland of the "El Pital" watershed Nicaragua. Characterization, classification and hydrology of volcanic soil*. https://www.researchgate.net/publication/33770970 Cultivated steeplands oh the El Pital watershed Nicaragua characterization classification and hydrology of volcanic soils

RStudio Team. (2022). *RStudio: Integrated Development for R*. http://www.rstudio.com

Sánchez, P. A. (1981). *Suelos del trópico: características y manejo*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Wischmeier, W. H. & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning*. USDA.

LA CALERA Revista Científica
Vol. 23 N° 41, p 105 – 113 / diciembre 2023
ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni



# Estimación de umbrales de precipitaciones que ocasionan fenómenos laháricos en el volcán Concepción, isla de Ometepe, Rivas, 2016

# Estimation of precipitation thresholds that cause laharic phenomena in the Concepción volcano, Ometepe island, Rivas, 2016

**Karla Hypatia Cruz Rivera[1], Fernando José Mendoza Jara[2], Efraín Lucrecio Acuña Espinal[3]**
[1] MSc. Manejo y Conservación de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria – FARENA. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3668-8287 / karlahc01@gmail.com
[2] PhD. Geospatial Information Sciences, Universidad Nacional Agraria – FARENA. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1107-5748 / fmendozajara@gmail.com
[3] PhD. Medio Ambiente y Ciencias del Suelo. Investigador independiente. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4487-4087 / lucreacunya@gmail.com
*Autor de correspondencia:* karlahc01@gmail.com

## RESUMEN

Los lahares son flujos compuestos de sedimentos y agua que se desplazan en las laderas volcánicas, altamente destructivos debido a la gran velocidad que toman y a su alta densidad. Esta investigación estima las precipitaciones detonantes que han ocasionado los fenómenos laháricos en el volcán Concepción, isla de Ometepe, 2016, a fin de proveer datos que contribuyan al diseño de un sistema de alerta temprana ante la ocurrencia de este fenómeno. Inicialmente, se instalaron estaciones meteorológicas para obtener el registro de precipitaciones durante el 2016 y a su vez se hizo un monitoreo de los eventos laháricos ocurridos durante este año; posterior, correlacionando los datos entre la fecha y hora de ocurrencia de lahares con la precipitación registrada al momento detonante, se hizo una estimación de los umbrales de precipitaciones detonantes de cada evento lahárico asociado a la precipitación acumulada de 30 días antecedentes. Los resultados indican que durante el 2016 ocurrieron ocho fenómenos laháricos, estos eventos se originaron en áreas conformadas por lavas inconsolidadas. La lava inconsolidada donde se originaron estos eventos se refiere a materiales

## ABSTRACT

Lahars are flows made up of sediments and water that move on volcanic slopes, highly destructive due to the great speed they take and their high density of materials. This research estimates the triggering precipitations that have caused the laharic phenomena in the Concepción volcano, Ometepe Island, 2016, to provide data that contribute to the design of an early warning system before the occurrence of this phenomenon. Initially, meteorological stations were installed to obtain the rainfall record during 2016 and, in turn, the laharic events that occurred during this year were monitored. Subsequently, correlating the data between the date and time of lahar occurrence with the precipitation recorded at the triggering moment, an estimate was made of the triggering precipitation thresholds for each laharic event associated with the accumulated rainfall of the previous 30 days. The results indicate that eight laharic phenomena occurred in 2016, these events originated in areas made up of unconsolidated lavas. The unconsolidated lava where these events originated refers to fragmented materials of different diameters (pyroclastic), including fine material such as ash, when this material

*Recibido: 26 de enero del 2023*
*Aceptado: 31 de agosto 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).

fragmentados de diferentes diámetros (piroclastos), entre ellos material fino como ceniza, cuando este material se sobresatura, se incrementa su volumen y peso específico y tiende a desestabilizarse y desestabilizar materiales más gruesos, que sumado a las altas pendientes que tiene el volcán Concepción (de hasta el 100%) incrementan la susceptibilidad de que ocurran deslizamientos de tipo lahar. De los ocho fenómenos laháricos ocurridos, cuatro son los eventos de los que se tiene registro de precipitaciones mayores a cero milímetros, estos eventos ocurrieron en promedio con precipitaciones detonantes de 35.88 mm e intensidades de 19.57 mm $h^{-1}$, con precipitaciones acumuladas los días antecedentes de 0.76 mm (un día), 29.45 mm (10 días), y 150.03 mm (30 días).
***Palabras clave***: eventos laháricos, precipitaciones detonantes, precipitación acumulada, estaciones meteorológicas, deslizamientos, sistema de alerta temprana.

becomes supersaturated, its volume and specific weight increase and it tends to destabilize and destabilize thicker materials, which, added to the high slopes of the Concepción volcano (up to 100%), increases the susceptibility of lahar-type landslides. Of the eight laharic phenomena that occurred, four are the events for which there is a record of rainfall greater than zero millimeters, these events occurred on average with triggering rainfall of 35.88 mm and intensities of 19.57 mm $h^{-1}$, with accumulated rainfall on previous days of 0.76 mm (one day), 29.45 mm (10 days), and 150.03 mm (30 days).
***Keywords***: Laharic events, triggering rainfall, accumulated rainfall, weather stations, landslides, early warning system.

Según Delgados (2002), los lahares son mezclas de detritos rocosos movilizados por agua, que fluyen rápidamente y se originan en las pendientes de los volcanes. En Nicaragua, el lahar más destructivo tuvo lugar en el volcán Casita durante el huracán Mitch el 30 de octubre de 1998, día en que se registró una precipitación de 484 mm, causando la muerte de más de 2 000 personas [Comisión Nacional de Energia (CNE, 2001)]; en el país este evento significó la necesidad de promover estudios sobre estos fenómenos. La paradisiaca isla de Ometepe, nominada a las siete maravillas del mundo en el 2006, formada por los volcanes Concepción y Maderas en lago Cocibolca de Nicaragua, es una de las zonas más vulnerable a la ocurrencia de fenómenos laháricos. Según el Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED, 2005), esto se debe a causa de eventos sísmicos, lluvias torrenciales o avanzada deforestación. Este proceso se ve favorecido por la composición y textura del suelo y por la presencia de importantes acumulaciones de rocas sin cohesión, que tienden al movimiento hacia abajo por las altas pendientes que poseen las laderas del volcán Concepción. El propósito de esta investigación ha sido estimar las precipitaciones detonantes que han ocasionado los fenómenos laháricos en el volcán Concepción durante el 2016, a fin de proveer datos para ser integrados a un Sistema de Alerta Temprana (SAT) meteorológico y que de esta manera se puedan establecer planes de respuesta con mayor efectividad, disminuyendo así los índices de pérdidas humanas, ambientales y materiales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Registro de precipitaciones del 2016.** Los datos de precipitaciones (en intervalos de 10 minutos), se obtuvieron de las estaciones meteorológicas instaladas en los municipios de Altagracia (Davis Vantage Vue, modelo número 6250) y Moyagalpa (Davis Vantage Pro 2, modelo número 6152) en las fincas de productores (Figura 1). Para estimar el área de influencia de cada una de las estaciones meteorológicas instaladas se aplicó la metodología de interpolación de polígonos de Thiessen, en donde se consideró una tercera estación instalada en Finca Magdalena (Figura 1). Este método de interpolación se emplea cuando la distribución de los pluviómetros no es uniforme dentro del área en consideración (Chachuana Andia y Yugar Morales, 2009), como lo es en este estudio.

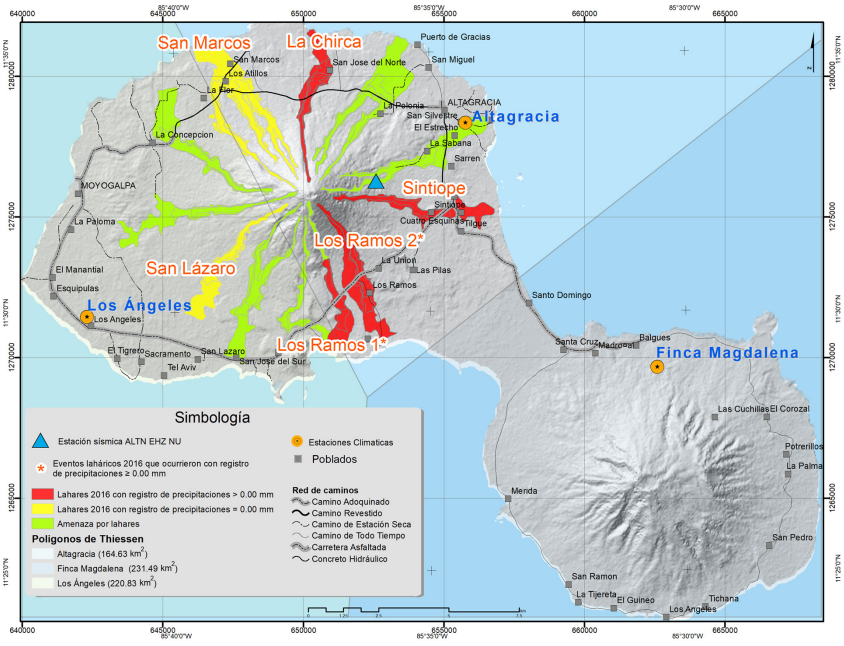


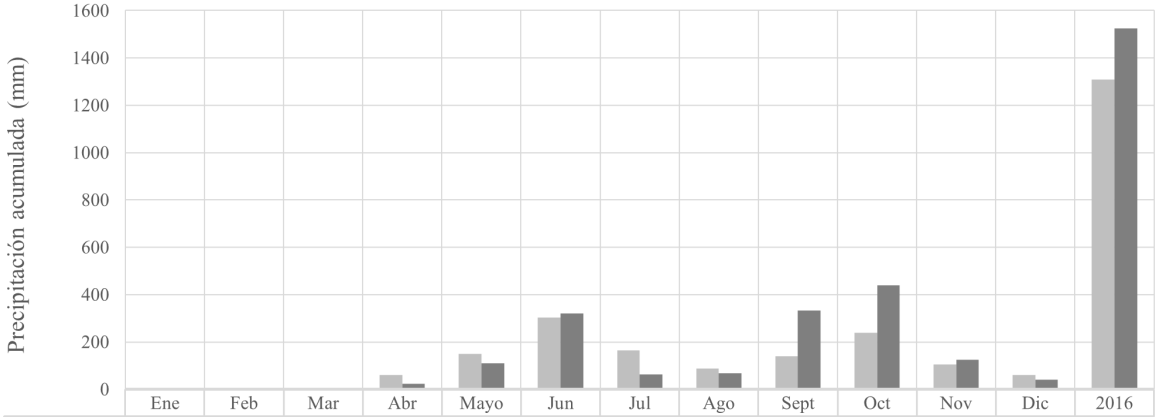

**Figura 1**. Ubicación de estaciones meteorológicas, mapeo de lahares ocurridos durante el 2016 y áreas del estudio del mapa de amenaza de lahares establecido por SINAPRED (2005).

**Monitoreo de lahares 2016.** Los guías turísticos y agricultores diariamente recorren zonas del volcán Concepción, por lo que se estableció un convenio de comunicación a fin de que ellos reportaran cualquier visualización de lahar en el volcán, de igual manera se dio seguimiento a las noticias, comunicados y documentos emitidos por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) en lo que se refería a la ocurrencia de lahares en el volcán Concepción. Una vez notificado cada lahar por los guías turísticos y agricultores, o bien por INETER, se procedió a realizar una visita de campo a fin de caracterizar cada evento. Durante el recorrido de campo se tomaron coordenadas y rutas de desplazamiento por cada lahar a fin de realizar el mapeo de lahares ocurridos durante el 2016, haciendo uso de un software de Sistemas de Información Geográfico (SIG), ArcGIS 10.2. ®v. Para elaborar el mapa de lahares 2016, además del recorrido de campo, se consideró el estudio del mapa de amenaza de lahares establecido por SINAPRED (2005) en el volcán Concepción y las curvas de nivel cada diez metros de elevación.

**Umbrales de precipitaciones 2016**. La determinación de los umbrales de precipitaciones que ocasionaron los lahares del 2016 en el volcán Concepción, se realizó haciendo una correlación con los datos de fecha y hora de ocurrencia de estos eventos con las precipitaciones registradas al momento detonante (tiempo en que ocurre un lahar), con esta correlación se realizaron los hietogramas y curvas de masa de las tormentas que ocasionaron estos fenómenos y se estimó los umbrales de lluvia detonante que causaron los lahares 2016. El acumulado de lluvia es fundamental para estimar las precipitaciones detonantes, ya que de la magnitud de estas depende el estado de saturación que alcance el suelo. Por tanto, una vez estimadas las precipitaciones detonantes se hizo una correlación entre las precipitaciones detonantes y las precipitaciones acumuladas antecedentes en un periodo de 30 días; de igual manera estas correlaciones se hicieron con eventos lluviosos que no ocasionaron este tipo de fenómeno a fin de establecer una comparación entre las tormentas que ocasionan lahares y tormentas que no lo ocasionan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Registro de precipitaciones del 2016.** Los resultados indican que durante el 2016 en la zona de la estación climática de Altagracia (barlovento) se acumuló menor cantidad de lluvia (1 308.57 mm) que en la zona de la estación de Los Ángeles (sotavento) que se acumuló 1 523.63 mm (Figura 2). Considerando el registro de ambas estaciones, haciendo uso del promedio ponderado se estima que el acumulado de lluvia durante el 2016 en el volcán Concepción, corresponde a 1 431.78 mm, siendo octubre el mes más lluvioso y con mayor ocurrencia de lahares con un acumulado de precipitaciones en promedio (ponderado) de 354.42 mm.




| | Ene | Feb | Mar | Abr | Mayo | Jun | Jul | Ago | Sept | Oct | Nov | Dic | 2016 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Altagracia | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 61.46 | 148.67 | 304.00 | 164.30 | 87.01 | 139.56 | 239.26 | 104.25 | 60.06 | 1308.57 |
| Los Ángeles | 0.00 | 0.00 | 0.75 | 23.61 | 109.81 | 321.38 | 62.92 | 67.18 | 332.57 | 440.28 | 125.58 | 39.55 | 1523.63 |

**Figura 2.** Precipitaciones mensuales por estación instalada en el volcán Concepción en el 2016.

**Monitoreo de lahares 2016.** Durante el 2016 en el volcán Concepción se registraron ocho eventos laháricos; en el Cuadro 1 se presenta el inventario de estos lahares agrupados en dos categorías: (1) lahares ocurridos con registro de precipitaciones mayores a cero milímetro y (2) lahares ocurridos con registro de precipitaciones iguales a cero milímetro, de igual manera se presenta el estimado de la superficie afectada por cada lahar y la longitud de desplazamiento del mismo, así como la estación con la que deben ser analizados los datos de precipitaciones según la ubicación de estos eventos en los cuadrantes de influencia (según los polígonos de Thiessen) de las estaciones instaladas como se indicó en la Figura 1.

**Cuadro 1.** Inventario de lahares en el volcán Concepción, 2016

| Lahares | | Fecha | Hora | Estación | Superficie (km²) | Longitud (km) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Lahares con registro de precipitaciones > 0 mm | Los Ramos 1 | 3.oct.16 | 03:50 - 06:20 | Altagracia | 1.42 | 3.23 |
| | Los Ramos 2 | | | | 2.87 | 5.43 |
| | La Chirca | | | | 1.88 | 5.48 |
| | Sintiope | 6.oct.16 | 21:40 - 02:50 | Altagracia | 2.06 | 5.78 |
| Promedios | | | | | 2.06 | 4.98 |
| Lahares con registro de precipitaciones = 0 mm | San Lázaro | 15.jul.16 | - | Los Ángeles | 2.06 | 5.34 |
| | Los Ramos 1 | 11.oct.16 | 22:25 - 22:55 | Altagracia | 1.42 | 3.23 |
| | Los Ramos 2 | | | | 2.87 | 5.43 |
| | San Marcos | 18.oct.16 | 23:00 - 00:20 | | 5.20 | 5.90 |
| Promedios | | | | | 2.89 | 4.98 |

**Lahares con registro de precipitaciones mayores a cero milímetros.** El lahar de Los Ramos 1 se localiza en la comunidad de Los Ramos en las coordenadas UTM (WGS84 Zona 16P) 651123 m E y 1272099 m N, tiene una dirección preferencial sureste (Figura 1). Durante el 2016 se estima que alcanzó una extensión de 1.42 km² con una longitud de 3.23 km (Cuadro 1), se originó en un área conformada por lava inconsolidada (Ql), con pendientes que van desde 22 % a 44.5 %, su curso está compuesto por materiales piroclastos y lava (Qvl). Durante el recorrido de campo se visualizaron los diferentes depósitos de materiales que ha formado este lahar en el tiempo, así como las paredes que forman su curso y los materiales que trae consigo el flujo de escombros con presencia de rocas que van desde rocas pequeñas a grandes, no mayores a 1.5 m (Figura 3).

El lahar de Los Ramos 2 se localiza en la comunidad de Los Ramos en las coordenadas UTM (WGS84 Zona 16P) 651471 m E y 1272485 m N, tiene una dirección preferencial sureste (Figura 1). Durante el 2016 alcanzó aproximadamente una superficie de 2.87 km², desplazándose alrededor de 5.43 km (Cuadro 1) en zonas con paredes que alcanzan los 2.5 m, se originó en un área conformada por lava inconsolidada (Ql) con pendientes que van desde 44.5 % a 67 %, su flujo está compuesto además de lava inconsolidada (Ql) por materiales piroclastos y lava (Qvl). En la Figura 4 se observan los depósitos de rocas con diámetros menores a 40 cm, dejados por este lahar.

El lahar de La Chirca se localiza al noreste del volcán Concepción en las coordenadas UTM (WGS84 Zona 16P) 649834 m E y 1279311 m N (Figura 1). Durante el 2016 afectó una superficie de 1.88 km² y recorrió una longitud de 5.48 km (Cuadro 1), se originó en un área conformada por lava inconsolidada con pendientes que van desde 44.5 % a 67 %, su flujo está compuesto además de lava inconsolidada (Ql) por materiales piroclastos (Qv). El curso de este lahar está definido por paredes de hasta 4 m de altura y en su trayectoria ha dejado depósitos de rocas con diferentes tamaños (< 60 cm) (Figura 5).

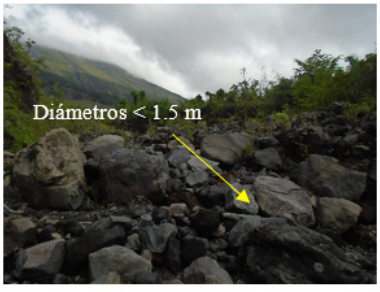



**Figura 3.** Lahar Los Ramos 1 del 3.oct.16.

**Figura 4.** Lahar Los Ramos 2 del 3.oct.16.

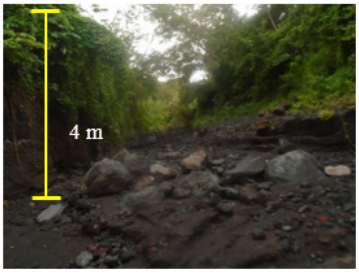



**Figura 5.** Lahar La Chirca del 3.oct.16.

**Figura 6.** Lahar de Sintiope del 6.oct.16.

El lahar de Sintiope se localiza en la comunidad de Sintiope en las coordenadas UTM (WGS84 Zona 16P) 654555 m E y 1274954 m N, tiene una dirección preferencial sureste (Figura 1). En el 2016 alcanzó una extensión de 2.06 km$^2$ y recorrió una longitud de 5.78 km (Cuadro 1), se originó en un área conformada por lava inconsolidada con pendientes que van desde 44.5 % a 67 %, su curso está compuesto además de lava inconsolidada (Ql) por materiales piroclastos y lava (Qvl), piroclastos (Qv). En la Figura 6 se observa el depósito de rocas en su mayoría de tamaño mediano (< 20 cm) dejadas por este evento lahárico.

**Lahares con registro de precipitaciones iguales a cero milímetros.** Se hace importante mencionar que no existen lahares en seco o bien sin presencia de agua en el suelo (existen otros tipos de deslizamientos en seco, sin embargo, no son del tipo lahar). Cuando en este estudio se hace referencia a lahares con registro de precipitaciones iguales a cero milímetros, indica que el registro de precipitaciones obtenido de las estaciones meteorológicas instaladas para este estudio al momento de ocurrencia de estos eventos registró cero milímetros de precipitaciones. Sin embargo, esto no quiere decir que estos lahares se originaron en seco, lo planteado, únicamente se limita al hecho a que en el área en que se encontraban las estaciones meteorológicas no se registró ningún evento lluvioso al momento de ocurrencia de estos eventos, siendo probable que en la parte media o alta del volcán Concepción (área en que se originaron los lahares) sí estuviese lloviendo. La actividad lahárica de Los Ramos 1, Los Ramos 2 y San Marcos se detectó por los tremores registrados por la estación sismográfica ALTN EHZ UN instalada por INETER en el volcán Concepción (Figura 1). La señal de tremor registrada por el sismograma de esta estación indica que el lahar de Los Ramos 1 y el lahar de Los Ramos 2, inicio a las 22:25 horas hasta las 22:55 horas (Figura 7) y el lahar de San Marcos de las 23:00 a las 00:20 (Figura 8).

El lahar de San Marcos se localiza al noroeste del volcán Concepción en las coordenadas UTM (WGS84 Zona 16P) 647684 m E y 1279581 m N (Figura 1), se estima que la afectación de este evento alcanzó un área de 5.20 km$^2$ y una longitud de 5.90 km (Cuadro 1); este lahar desciende desde la parte alta del volcán en un área conformada por lava inconsolidada (Ql) con pendientes que van desde 67 % a 100 %, su curso está compuesto además de lava inconsolidada (Ql) por piroclastos (Qv).

El sismograma del lahar de San Lázaro no fue posible obtenerlo, sin embargo, este fue reportado por guías turísticos y agricultores de la zona. Este lahar se localiza en la comunidad de La Paloma en las coordenadas UTM (WGS84 Zona 16P) 646760 m E y 1269592 m N, tiene una dirección preferencial suroeste (Figura 1). Durante el 2016 se estima que alcanzó una extensión de 2.06 km$^2$ y que recorrió aproximadamente 5.34 km (Cuadro 1), se originó en un área conformada por lava inconsolidada (Ql) con pendientes que van desde 44.5 % a 67 %, su curso está compuesto además de lava inconsolidada (Ql) por materiales piroclastos (Qv).

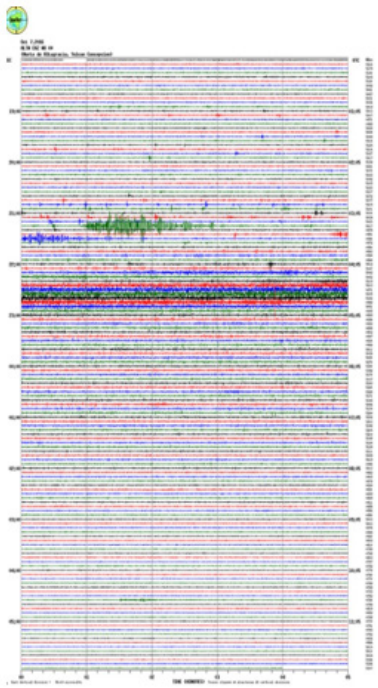


**Figura 7.** Señales del tremor del lahar Los Ramos 1 y Los Ramos 2 del 11.oct.16 (INETER, 2016).

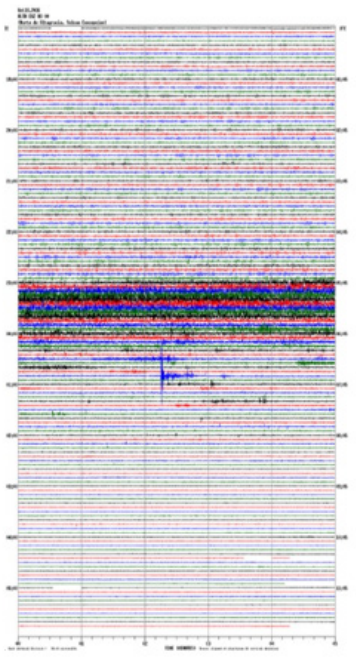


**Figura 8.** Señales del tremor del lahar de San Marcos del 18.oct.16 (INETER, 2016).

**Eventos lluviosos que ocasionaron los lahares del 2016.** De la Figura 9 a la Figura 12, se presenta gráficamente el comportamiento de la tormenta que ocasionó los lahares de Los Ramos 1, Los Ramos 2 y La Chirca. Esta tormenta tuvo una duración de 150 minutos y un acumulado de lluvia de 46.74 mm (Figura 9). En el hietograma de la Figura 10 se visualiza la lluvia caída durante esta tormenta en intervalos de 10 minutos y en la Figura 11 se muestran las intensidades de esta tormenta en el mismo intervalo, observándose que la precipitación e intensidad máxima en 10 minutos fue de 7.87 mm y 47.22 mm $h^{-1}$ registrada a los 80 minutos. Se estima que la lluvia detonante de los fenómenos laháricos ocurridos se dio a los 110 minutos de duración (según reporte de ocurrencia de guías turísticos y agricultores) con una lluvia acumulada de 36.07 mm (Figura 9) y con una intensidad de 19.67 mm $h^{-1}$ (Figura 12).

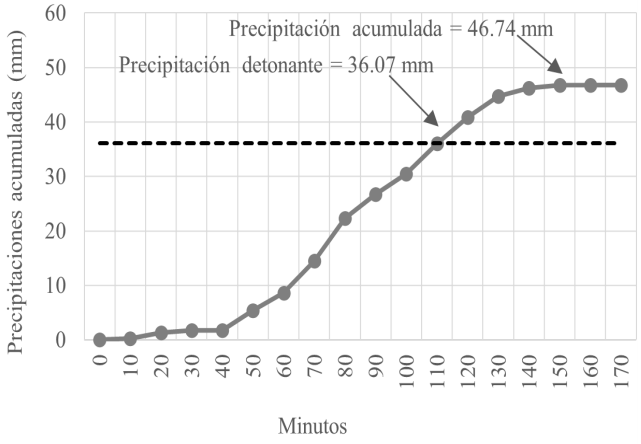



**Figura 9.** Curva de masa de precipitaciones del evento lluvioso del 3.oct.16.

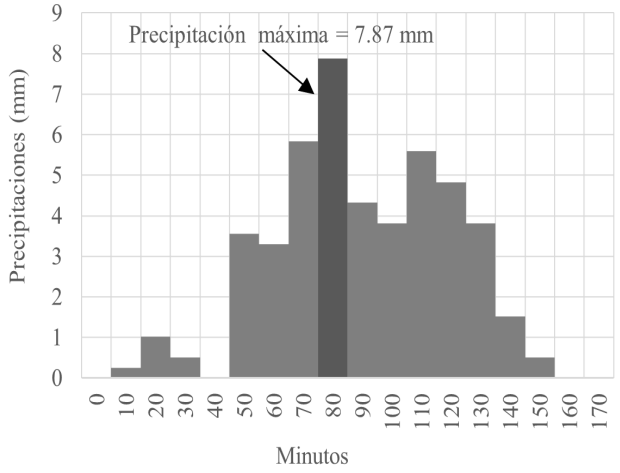



**Figura 10.** Hietograma de precipitaciones en intervalos de 10 minutos del evento lluvioso del 3.oct.16.

De la Figura 13 a la Figura 16, se presenta la descripción gráfica de la tormenta que ocasionó el lahar de Sintiope. Esta tormenta tuvo una duración de 310 minutos y una magnitud de lluvia de 44.96 mm (Figura 13). En la Figura 14 se visualiza el comportamiento de esta tormenta en intervalos de 10 minutos, siendo la precipitación máxima alcanzada de 8.13 mm, el hietograma de intensidad (Figura 15) muestra que la intensidad máxima alcanzada en este mismo intervalo es de 48.78 mm $h^{-1}$ registrada a los 20 minutos. Se estima que la lluvia detonante del lahar de Sintiope se dio al igual que en los lahares de Los Ramos y La Chirca a los 110 minutos de duración (según reporte de ocurrencia de guías turísticos y agricultores) con una lluvia acumulada de 35.32 mm y con una intensidad de 19.27 mm $h^{-1}$ (Figura 13 y Figura 16).

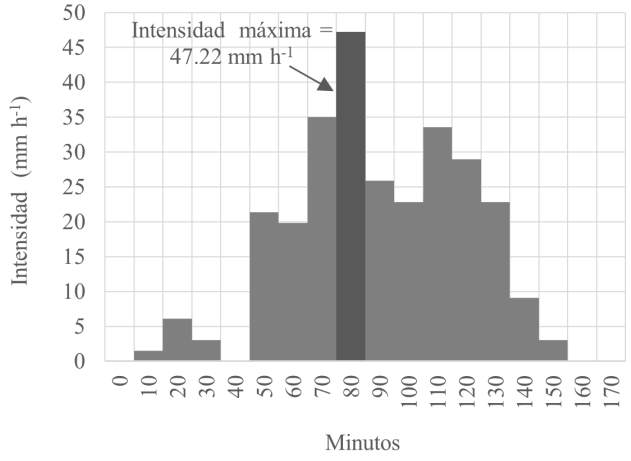



**Figura 11.** Hietograma de intensidad en intervalos de 10 minutos del evento lluvioso del 3.oct.16.

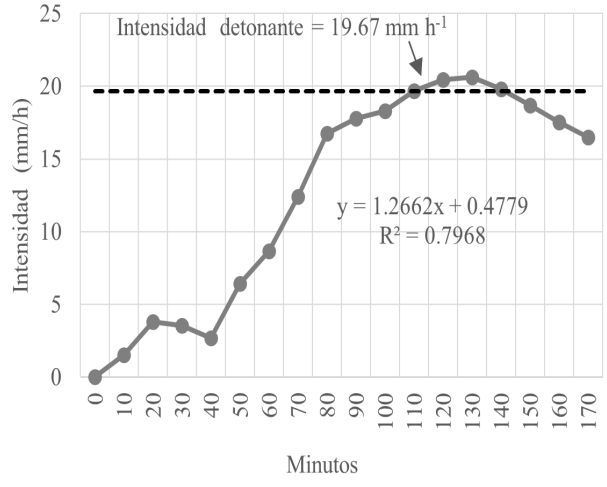



**Figura 12.** Curva de masa de intensidad del evento lluvioso del 3.oct.16.

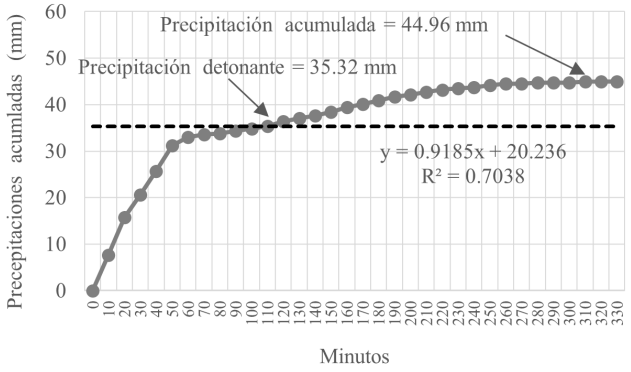



**Figura 13.** Curva de masa de precipitaciones del evento lluvioso del 6.oct.16.

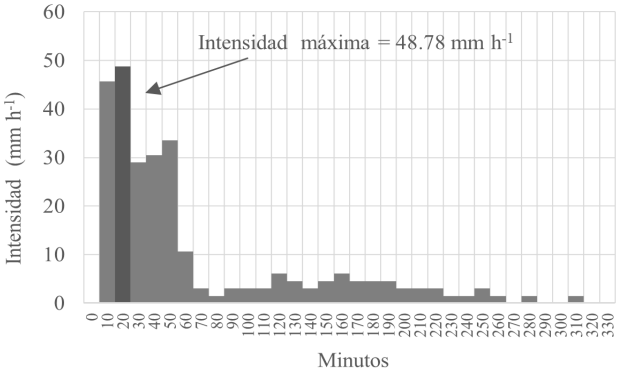



**Figura 15.** Hietograma de intensidad en intervalos de 10 minutos del evento lluvioso del 6.oct.16.

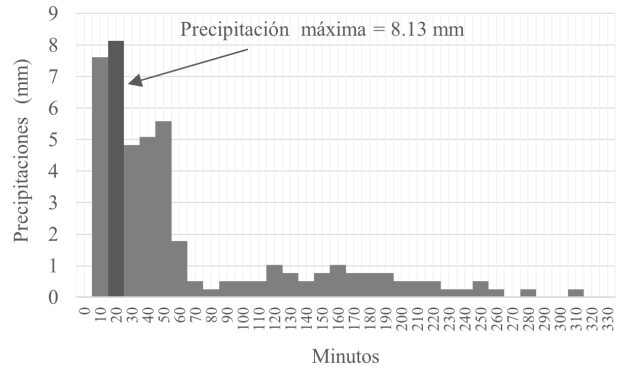



**Figura 14.** Hietograma de precipitaciones en intervalos de 10 minutos del evento lluvioso del 6.oct.16.

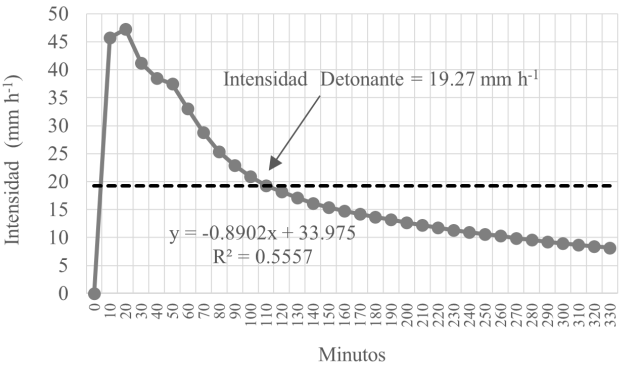



**Figura 16.** Curva de masa de intensidad del evento lluvioso del 6.oct.16.

**Umbrales de precipitaciones 2016.** En el Cuadro 2 se indica que en promedio los eventos lluviosos con fenómenos laháricos presentan menores precipitaciones al momento detonante de 35.88 mm y los días acumulados antecedentes en un período de uno a 30 días de 0.76 mm (D1) a 150.03 mm (D30) que los eventos lluviosos que no ocasionaron fenómenos laháricos, con precipitaciones promedio durante toda la tormenta de 41.38 mm y con lluvias acumuladas antecedentes de uno a 30 días en promedio de 1.76 mm (D1) a 228.82 mm (D30).

En la Figura 17 se observa que aunque los eventos lluviosos sin fenómenos laháricos tienen un mayor acumulado de lluvia durante la tormenta, estos tienen mayor tiempo de duración que los eventos lluviosos que si ocasionaron fenómenos laháricos. Basándose en estos resultados, la ocurrencia y no ocurrencia de estos fenómenos, esta vinculada al comportamiento en cuanto a la duracion e intensidad de estas tormentas y no unicamente al acumulado de lluvia. Según Aleotti (2004), cuando la intensidad de la lluvia aumenta, existe una disminución en la cohesión aparente que, a su vez, disminuye la resistencia

**Cuadro 2.** Registro de precipitaciones evento y acumuladas antecedentes a eventos y no eventos de lahares, 2016

| Lahares / eventos lluviosos | Fecha | Estación | Precipitaciones evento (mm) | Precipitaciones acumuladas los días antecedentes | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | D1 (mm) | D3 (mm) | D10 (mm) | D15 (mm) | D20 (mm) | D25 (mm) | D30 (mm) |
| Los Ramos 1 | 3.oct.16 | Altagracia | 36.07* | 1.01 | 1.01 | 17.26 | 48.22 | 51.76 | 86.78 | 140.57 |
| Los Ramos 2 | | | 36.07* | 1.01 | 1.01 | 17.26 | 48.22 | 51.76 | 86.78 | 140.57 |
| La Chirca | | | 36.07* | 1.01 | 1.01 | 17.26 | 48.22 | 51.76 | 86.78 | 140.57 |
| Sintiope | 6.oct.16 | | 35.32* | 0.00 | 48.76 | 66.02 | 91.90 | 97.74 | 131.48 | 178.41 |
| Promedios | | | 35.88 | 0.76 | 12.95 | 29.45 | 59.14 | 63.26 | 97.96 | 150.03 |
| Eventos lluviosos sin fenómenos laháricos | 11.jun.16 | Altagracia | 35.31 | 0.25 | 33.51 | 192.39 | 211.38 | 211.38 | 227.83 | 241.53 |
| | 21.jun.16 | | 48.71 | 0.00 | 0.00 | 37.34 | 71.86 | 212.70 | 249.73 | 249.73 |
| | 19.jul.16 | | 40.12 | 5.03 | 5.03 | 39.98 | 65.09 | 131.04 | 143.20 | 195.20 |
| Promedios | | | 41.38 | 1.76 | 12.85 | 89.90 | 116.11 | 185.04 | 206.92 | 228.82 |

*Precipitación detonante, D: día.

al cortante, debilitando el factor de seguridad y llegando a producir deslizamientos superficiales. Por su parte Rahardjo *et al*. (2007) hacen referencia a que las lluvias de larga duración aumentan el nivel de agua freática, e inmediatamente la presión de poros aumenta, llegando a producir deslizamientos profundos.

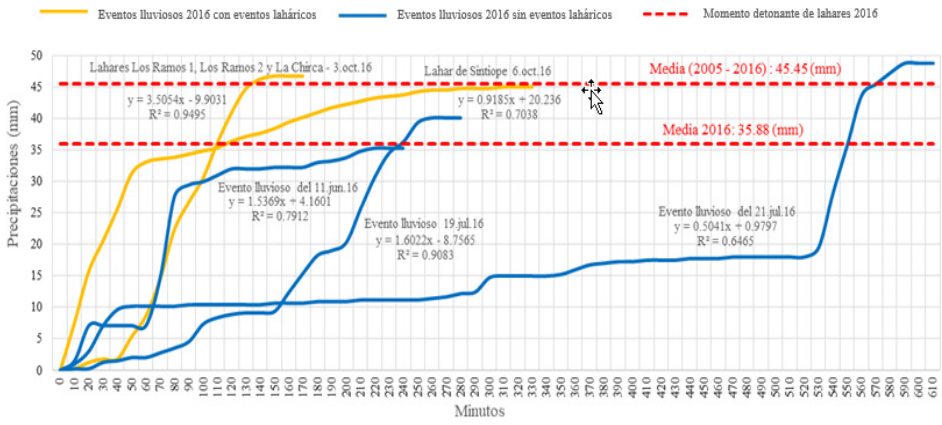



**Figura 17**. Eventos lluviosos con lahares y eventos lluviosos sin lahares, 2016.

En promedio se tiene que los lahares del 2016 en el volcán Concepción ocurrieron con eventos lluviosos con acumulados durante toda la tormenta de 46.30 mm en 190 minutos de duración con una intensidad de 16.20 mm $h^{-1}$, siendo el momento detonante que originó los lahares a los 110 minutos de duración en promedio cuando las tormentas alcanzaban los 35.88 mm con una intensidad de 19.57 mm $h^{-1}$ (Cuadro 3). Por otro lado, se tienen eventos lluviosos con mayores precipitaciones que no ocasionaron fenómenos laháricos (48.71 mm y 40.12 mm con intensidades de 4.95 mm $h^{-1}$ y 9.26 mm $h^{-1}$). Sin embargo, si estos eventos lluviosos se analizan a los 110 minutos de duración (momento detonante de los eventos lluviosos que si ocasionaron lahares) se tienen magnitudes de lluvias en este tiempo de 10.41 mm y 8.38 mm con intensidades de 5.68 mm $h^{-1}$ y 4.57 mm $h^{-1}$; valores por debajo de los eventos lluviosos que si ocasionaron lahares (Cuadro 3). Según Cruz (2018), el umbral histórico promedio en el periodo 2005-2016 que ha ocasionado lahares en el volcán Concepción corresponde a 45.45 mm. En la Figura 17 se observa que el evento lluvioso del 3.oct.16 de los lahares Los Ramos 1, Los Ramos 2 y La Chirca, superan a este promedio con un acumulado de lluvia durante toda la tormenta igual a 46.74 mm; en cuanto al evento lluvioso del 6.oct.16 del lahar de Sintiope, se aproxima al umbral histórico con 44.96 mm acumulados durante toda la tormenta.

Anteriormente, se ha señalado que la mayor causa de ocurrencia de lahares en el volcán Concepción durante el 2016 recae en la intensidad de lluvia con que se da una tormenta. La litología, la morfología y el régimen climático son factores que permiten comprender porque la intensidad de lluvia es el factor determinante en la ocurrencia de estos fenómenos.

Los lahares del 2016 en Los Ramos 2, La Chirca y Sintiope, tienen su origen en la parte alta del volcán Concepción, donde se identifica la serie de suelos de afloramientos rocosos y suelos miscelaneos varios. Según Aguirre y Acuña (2009), los suelos miscelaneos varios, son suelos franco-arenosos en la superficie, francos a francos arenosos en el subsuelo, bien drenados, tienen permeabilidad alta y baja capacidad de retención de humedad. Suárez (2009), indica que en los perfiles de suelos permeables poco profundos, los deslizamientos pueden activarse por un evento de gran intensidad, sin que exista lluvia antecedente o acumulada.

En el caso del lahar de Los Ramos 1, tuvo su origen en la parte media del volcán donde se identifican suelos vérticos, los cuales por ser de textura franco arcillosa en la superficie y textura arcillosa en el subsuelo, tienen una capacidad de infiltración moderadamente lenta (Aguirre y Acuña, 2009). Alonso *et al*. (1995) señalan que el tiempo que se requiere para que una lluvia produzca un deslizamiento es mayor en los suelos arcillosos que en los suelos arenosos, así mismo hace referencia a que en suelos arcillosos, la lluvia acumulada de varias semanas es determinante para la activación de deslizamientos.

**Cuadro 3.** Precipitaciones e intensidad de lluvia de eventos laháricos y no laháricos.

| Lahares / eventos lluviosos | Fecha | Estación | Precipitación detonante (mm)* | Tiempo de lluvia para alcanzar precipitación detonante (minutos) | Intensidad de lluvia detonante (mm $h^{-1}$) ** | Lluvia acumulada durante todo el evento lluvioso (mm) | Duración de todo el evento lluvioso (minutos) | Intensidad total durante el evento lluvioso (mm $h^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Los Ramos 1 | 3.oct.16 | Altagracia | 36.07 | 110 | 19.67 | 46.74 | 150 | 18.70 |
| Los Ramos 2 | | | 36.07 | 110 | 19.67 | 46.74 | 150 | 18.70 |
| La Chirca | | | 36.07 | 110 | 19.67 | 46.74 | 150 | 18.70 |
| Sintiope | 6.oct.16 | | 35.32 | 110 | 19.27 | 44.96 | 310 | 8.70 |
| Promedios | | | 35.88 | 110 | 19.57 | 46.30 | 190 | 16.20 |
| Eventos lluviosos sin fenómenos laháricos | 11.jun.16 | Altagracia | 30.99 | 110 | 16.90 | 35.31 | 220 | 9.63 |
| | 21.jun.16 | | 10.41 | 110 | 5.68 | 48.71 | 590 | 4.95 |
| | 19.jul.16 | | 8.38 | 110 | 4.57 | 40.12 | 260 | 9.26 |
| Promedios | | | 16.59 | 110 | 9.05 | 41.38 | 356.67 | 7.95 |

*Precipitación con 110 minutos de duración, **Intensidad de lluvia con 110 minutos de duración.

En cuanto a la pendiente, los lahares de Los Ramos 2, La Chirca y Sintiope tienen pendientes muy fuertes a moderadamente escarpadas que oscilan de 44.5 % a 67 %, en el lahar de Los Ramos 1 también se tienen pendientes fuertes en su ladera que van desde 22 % a 44.5 %; por lo que al momento de lluvias de gran intensidad los taludes más altos fallan con más frecuencia que los de pendiente moderada, factor que se atribuye a la disminución de las tensiones negativas, aunque en los taludes de menor altura y pendiente, el ascenso del nivel freático es mayor (Rahardjo *et al*., 2007).

## CONCLUSIONES

En el 2016 se registraron ocho eventos laháricos, agrupados en dos categorías: (1) lahares ocurridos con registro de precipitaciones mayores a cero milímetros (2) lahares ocurridos con registro de precipitaciones iguales a cero milímetros. A partir de los lahares ocurridos con registro de precipitaciones mayores a 0.00 mm se estimó que los umbrales de precipitaciones que ocasionaron los fenómenos laháricos en el volcán Concepción durante el 2016 corresponden en promedio a precipitaciones detonantes de 35.88 mm con una intensidad de 19.57 mm $h^{-1}$ y con precipitaciones acumuladas los días antecedentes de 0.76mm (un día), 29.45mm (10 días), y 150.03mm (30 días). Estos resultados sugieren que la tendencia de ocurrencia de fenómenos laháricos en el volcán Concepción se debe más a la intensidad de los eventos lluviosos que los producen que a las lluvias de baja intensidad y larga duración.

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Universidad Tecnológica de Michigan (MTU por sus siglas en inglés) por financiar las estaciones meteorológicas y demás equipos requeridos en este estudio, Fauna y Flora Internacional (FFI) y Fundación entre Volcanes (FEV) por sus diversos aportes en esta investigación. A Lindsay Ellingson, estudiante de la maestría de Geología de la Universidad Tecnológica de Michigan, por todos sus esfuerzos, gestiones y acompañamiento para desarrollar esta investigación. Angélica Valdivia, coordinadora del programa de Ometepe de Fauna y Flora Internacional, por sus gestiones. A los guías turísticos y agricultores de la isla de Ometepe por la retroalimentación de información en cuanto a la ocurrencia de lahares. A los señores Luis Alemán, Rodolfo Juárez y colaboradores de Finca Magdalena por sus aportes y cuido de las estaciones meteorológicas instaladas para este estudio. A los colaboradores de la Dirección de Geología y Geofísica y de la Dirección de Meteorología de INETER, por atender consultas y compartir información relevante para este estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre, C. y Acuña, E. (2009). *Suelos, capacidad de uso de la tierra y conflictos de uso en el municipio Moyogalpa.* AMUR. https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENP30A284s.pdf

Aleotti, P. (2004). Awarning system for rainfall-induced shallow. *Engineering Geology*, 73, 247–265.

Alonso, E., Gens, A., Lloret, A. & Delahaye, C. (1995). Effect of rain infiltration on the stability of slope. En A. A. Balkema (ed.), *Proceedings of the first international conference on unsaturated soils* (pp. 241–249).

Cahuana, A. A. y Yugar, M. W. (2009). *Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología CI V- 233.* https://civilmbh.files.wordpress.com/2013/11/hidrology-san-simon.pdf

Comisión Nacional de Energía. (2001). *Plan maestro geotérmico de Nicaragua: evaluación del área de volcán Casita - San Cristóbal.* https://www.mem.gob.ni/wp-content/uploads/2017/03/vol-III-Volcan-Casita-San-Cristobal.pdf

Cruz Rivera, K. H. (2018). *Estimación de umbrales de precipitaciones que ocasionan fenómenos laháricos para la activación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) en el volcán Concepción, Isla de Ometepe, Rivas, 2016* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. https://repositorio.una.edu.ni/3772/1/tnp40c957.pdf

Delgados Granados, H. (2002). *Lahares*. https://webserver2.ineter.gob.ni/geofisica/vol/concepcion/mapas_amenaza/05-Texto%20lahares.pdf

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2016). *Monitoreo Volcán Concepción, Isla de Ometepe Rivas.*

Rahardjo, H., Ong, T. H., Rezaur, R. B. & Leong, E. C. (2007). Factors controlling instability of homogeneous soil slopes under rainfall. *Journal Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 133, 1532–1543. https://www.researchgate.net/profile/E-Leong/publication/228371881_Factors_Controlling_Instability_of_Homogeneous_Soil_Slopes_under_Rainfall/links/00b7d523a46f2a96eb000000/Factors-Controlling-Instability-of-Homogeneous-Soil-Slopes-under-Rainfall.pdf

Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres. (2005). *Reporte sobre las amenazas, vulnerabilidad y riesgos ante inundaciones, deslizamientos, actividad volcánica y sismos*. https://webserver2.ineter.gob.ni/proyectos/30municipios/moyogalpa/informes/NiR%20B%20RA%20Moyogalpa%2020051114%20MG.pdf

Suárez, J. (2009). *Deslizamientos: análisis geotécnico*. Universidad Industrial de Santander.

LA CALERA Revista Científica
Vol. 23 N° 41, p 114 – 123 / diciembre 2023
ISSN 1998 – 7846
http://lacalera.una.edu.ni



# Modelación y análisis estadístico de lahares 2005 -2016 para un sistema de alerta temprana en el volcán Concepción, isla de Ometepe, Rivas

# Modeling and statistical analysis of lahars 2005 -2016 for an early warning system in the Concepción volcano, Ometepe island, Rivas

**Karla Hypatia Cruz Rivera[1], Fernando José Mendoza Jara[2], Efraín Lucrecio Acuña Espinal[3]**

[1] MSc. Manejo y Conservación de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria – FARENA. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3668-8287 / karlahc01@gmail.com

[2] PhD. Geospatial Information Sciences, Universidad Nacional Agraria – FARENA. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1107-5748 / fmendozajara@gmail.com

[3] PhD. Medio Ambiente y Ciencias del Suelo. Investigador independiente. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4487-4087 / lucreacunya@gmail.com

## RESUMEN

Los lahares son flujos compuestos por sedimentos y agua originados en la parte externa de los volcanes; son altamente destructivos debido a la gran velocidad que toman y a su alta densidad. Esta investigación sugiere umbrales de precipitaciones para ser integrados a un Sistema de Alerta Temprana en el volcán Concepción, en la isla de Ometepe, Rivas, Nicaragua, ante la ocurrencia de fenómenos laháricos. Inicialmente se realizó un inventario de lahares ocurridos entre el periodo del 2005 al 2016, a partir de esta base de datos se hizo una selección de eventos y se realizó un análisis estadístico de precipitaciones registradas el día de cada evento lahárico o precipitaciones detonantes del lahar (según disponibilidad de información) y las lluvias acumuladas antecedentes en un período de 30 días. Posterior con el programa LanslideSim2016® se realizó una modelación de lahares para diferentes intensidades de precipitaciones; para disminuir la incertidumbre del programa, en campo se hicieron ensayos de penetración estándar y mediciones de cohesión; el ángulo de fricción interna se estimó a partir de los resultados de los ensayos de penetración estándar, la conductividad

## ABSTRACT

Lahars are flows composed of sediments and water originating from the external part of volcanoes; they are highly destructive due to the high speed they take and their high density. This research suggests precipitation thresholds to be integrated into an Early Warning System on the Concepción volcano, on the island of Ometepe, Rivas, Nicaragua, in the event of lahar phenomena. Initially, an inventory of lahars that occurred between the period from 2005 to 2016 was carried out. From this database, a selection of events was made and a statistical analysis of precipitation recorded on the day of each lahar event or precipitation triggering the lahar was carried out (according to availability of information) and the previous accumulated rainfall in a period of 30 days. Subsequently, with the LanslideSim2016® program, lahar modeling was carried out for different precipitation intensities. To reduce the uncertainty of the program, standard penetration tests and cohesion measurements were carried out in the field; the internal friction angle was estimated from the results of the standard penetration tests, the conductivity and apparent density were obtained from the correlation with the different textural classes

*Recibido: 28 de marzo del 2023*
*Aceptado: 1 de diciembre 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).

y densidad aparente se obtuvieron a partir de la correlación con las diferentes clases texturales según lo observado en campo. Finalmente, considerando lo establecido por la ley No. 337 "Ley Creadora del Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres" con su reforma Ley No. 863, se estimaron umbrales de precipitaciones para la activación de un Sistema de Alerta Temprana. Basado en los resultados obtenidos, se proponen cinco intervalos de umbrales de precipitaciones para su integración a un Sistema de Alerta Temprana bajo el riesgo de ocurrencia de lahares entre 15 mm y 25 mm, de 25 mm a 50 mm, entre 50 mm y 80 mm, de 80 mm a 100 mm y mayor a 100 mm; el tipo de alerta a emitir es verde, amarilla o roja y estará ligado a la lluvia acumulada antecedente de un día, tres días o diez días.
***Palabras clave:*** fenómenos laháricos, umbrales de precipitaciones, lluvias acumuladas antecedentes, intensidad de precipitaciones, alerta.

as observed in the field. Finally, considering what was established by Law No. 337 "Law Creating the National System for the Prevention, Mitigation and Attention to Disasters" with its reform Law No. 863, precipitation thresholds were estimated for the activation of an Early Warning System. Based on the results obtained, five intervals of precipitation thresholds are proposed for integration into an Early Warning System under the risk of occurrence of lahars between 15 mm and 25 mm, from 25 mm to 50 mm, between 50 mm and 80 mm, from 80 mm to 100 mm and greater than 100 mm; the type of alert to be issued is green, yellow or red and will be linked to the previous accumulated rain of one day, three days or ten days.
***Keywords:*** Lahar phenomena, precipitation thresholds, accumulated rainfall, precipitation intensity, alert.

Según Ordóñez *et al.* (2013), los lahares son flujos densos que se movilizan ladera abajo por los drenajes de un volcán debido a la acción de la gravedad y consisten de una mezcla de agua (fase líquida) y de materiales volcánicos (fase sólida). Wyk y Andrade (2008), señalan que en Centroamérica el lahar más destructivo ocurrido recientemente tuvo lugar en el volcán inactivo Casita, ubicado en el departamento de Chinandega en Nicaragua, este evento ocurrió en 1998, tras el huracán Mitch, causando la muerte de más de 2 000 personas [Comisión Nacional de Energía (CNE, 2001)]. Según el Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en America Central (CEPREDENAC, 2008), para Nicaragua este evento significó la necesidad de promover el conocimiento sobre estos eventos, así como la necesidad de establecer un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para deslizamiento. En Nicaragua, en los volcanes activos San Cristóbal, Telica y Concepción, son frecuentes los flujos de derrubios y lodo, o lahares, desencadenados por fuertes lluvias (Parés y Varela, 2016 ).

Devoli *et al*. (2002) señalan que en las cercanías de la cumbre del volcán Concepción (isla de Ometepe, Rivas, Nicaragua), existen acumulaciones de depósitos de flujos piroclásticos que están debilitadas por estar cercanas a fallas o fracturas, o bien en proximidad de área fumarólicas, donde más intensa es la alteración hidrotermal y tienden a romperse fácilmente durante las lluvias que las remueve para formar lahares. Estos flujos son muy destructivos, pueden destruir puentes, edificios, y cubrir fácilmente campos y poblados al desbordarse de sus causes (Wyk y Andrade, 2008).

Según CEPREDENAC (2008), en el volcán Concepción las estaciones meteorológicas han sido calibradas para emitir alerta de lahares cuando el acumulado horario superara los 60 mm de lluvia, sin embargo, también menciona que se ha observado que muchos de los eventos ocurren con acumulados horarios menores a 60 mm y no se da la alarma, por tanto sugiere que se deben redefinir los umbrales de lluvias que desencadenan lahares. El propósito de esta investigación ha sido realizar un análisis estadístico de precipitaciones asociadas a la ocurrencia de eventos laháricos en el periodo del 2005 al 2016, asi como modelaciones de lahares para diferentes intensidades de lluvia, a fin de proveer datos para la emisión de alertas (verde, amarilla y roja) ante la ocurrencia de fenómenos laháricos en el volcán Concepción en la isla de Ometepe, disminuyendo así los índices de pérdidas humanas, ambientales y materiales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Análisis estadístico de precipitaciones de lahares ocurridos del 2005 al 2016.** Se elaboró un inventario de los lahares ocurridos entre el periodo del 2005 al 2016 con las respectivas precipitaciones registradas el día de cada evento lahárico o precipitaciones detonantes del lahar (según disponibilidad de información) y las lluvias acumuladas antecedentes en un periodo de 30 días. Estas precipitaciones fueron obtenidas de las estaciones climáticas 069075 de Moyogalpa, 069068 de Altagracia, Telemétrica 69242 de Altagracia del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y de la estación Altagracia – Finca Luis Alemán. De este inventario se hizo una selección de eventos basada en los siguientes criterios: (1) lahares ocurridos con registro de precipitaciones mayores a 10 mm, (2) lahares con información correspondiente a la lluvia del día del evento y lluvias acumuladas de 1, 3, 10, 15, 20, 25 y 30 días antecedentes al evento y (3) no ser un evento atípico a la serie de datos.

A partir del inventario de lahares seleccionado, se hizo una correlación entre las variables "precipitación registrada el día del evento (mm)" y "precipitaciones acumuladas los días antecedentes (mm)" con su respectivo análisis estadístico descriptivo (media, mediana, moda, desviación estándar, varianza, rango, mínimo, máximo y

percentiles). Suárez (2009) señala que cuando se utiliza el criterio de lluvia antecedente y acumulada es clave determinar el período del efecto; en el caso de los lahares del volcán Concepción se consideró la lluvia acumulada en un periodo de 30 días antecedentes al día del evento y posteriormente un periodo de 10 días. Para definir este rango de días, se hicieron correlaciones entre las precipitaciones registaradas el día del evento y precipitaciones acumuladas los días antecedentes para diferentes rangos de días, a fin de estimar el periodo de días con los mejores resultados de correlación.

**Modelación de lahares.** El programa LanslideSim2016® permite visualizar inestabilidad, fallas y deslizamientos en el talud. Para modelar con este programa fue necesario ingresar los siguientes datos de entrada: (1) Modelo Digital de Elevación (MDE), (2) mapa de uso de suelo en formato geotiff y (3) parámetros físicos del suelo [conductividad (m día$^{-1}$), densidad aparente (g/cm$^3$), cohesión del suelo (kPa), ángulo de fricción interna (°), profundidad del suelo (m)]. El programa por defecto tiene valores para los parámetros físicos del suelo para diferentes usos de suelo. En este estudio, para disminuir la incertidumbre del programa se han realizado Ensayos de Penetración Estándar (SPT por sus siglas en inglés) y de cohesión (kPa); usando los criterios de correlación establecidos por Meyerhof (1956) a partir de los SPT, se estimó el ángulo de fricción interna (°). Además, según los criterios de clasificación de Abramson et al. (1995) y del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1975), según lo observado en campo para las diferentes clases texturales se estimó la conductividad (m día$^{-1}$) y densidad aparente (g/cm$^3$). Otras variables requeridas en la configuración de la simulación son: intensidad de lluvia (mm día$^{-1}$), tiempo total de simulación en segundo (s), tiempo de pasos de simulación (s), tiempo de cada paso de exportación (s).

**Umbrales de precipitaciones para un SAT ante la ocurrencia de fenómenos laháricos.** La estimación de umbrales de precipitaciones para ser integrados a un SAT, se determinó considerando los siguientes aspectos: (1) análisis estadístico de precipitaciones de lahares ocurridos del 2005 al 2016, (2) modelaciones de lahares para diferentes intensidades de lluvia (mm día$^{-1}$) y (3) lo establecido por la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2014a) en la ley No. 337 "Ley Creadora del Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres" con su reforma Ley 863 para la emisión de alertas (verde, amarilla y roja).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis estadístico de precipitaciones de lahares ocurridos del 2005 al 2016.** La base de datos seleccionada de eventos históricos de lahares comprendidos entre el periodo 2005 – 2016 se presenta en el Cuadro 1, con 30 eventos laháricos, mostrando información referida a las precipitaciones

**Cuadro 1.** Selección de lahares históricos ocurridos en el volcán Concepción del 2005 al 2016

| Lahares (2005-2016) | Fecha | Estación | Precipitación registrada el día del evento (mm) | D1 (mm) | D3 (mm) | D10 (mm) | D15 (mm) | D20 (mm) | D25 (mm) | D30 (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| La Flor | 18.mayo.2005 | Estación 069075 de Moyogalpa-INETER | 44.70 | 0.00 | 85.10 | 108.50 | 125.60 | 125.60 | 143.10 | 145.00 |
| La Chirca | 29.jun.2005 | Estación 069068 de Altagracia - INETER | 70.70 | 70.50 | 98.40 | 198.40 | 198.40 | 267.30 | 363.90 | 363.90 |
| Los Ramos | 4.oct.2008 | | 53.20 | 33.70 | 105.10 | 193.00 | 280.20 | 315.70 | 320.70 | 351.80 |
| La Unión | 4.oct.2008 | | 53.20 | 33.70 | 105.10 | 193.00 | 280.20 | 315.70 | 320.70 | 351.80 |
| Urbaite | 4.oct.2008 | | 53.20 | 33.70 | 105.10 | 193.00 | 280.20 | 315.70 | 320.70 | 351.80 |
| Sintiope | 4.oct.2008 | | 53.20 | 33.70 | 105.10 | 193.00 | 280.20 | 315.70 | 320.70 | 351.80 |
| Los Ramos | 5.oct.2008 | | 42.50 | 53.20 | 122.40 | 241.00 | 307.60 | 368.90 | 373.90 | 384.10 |
| La Unión | 5.oct.2008 | | 42.50 | 53.20 | 122.40 | 241.00 | 307.60 | 368.90 | 373.90 | 384.10 |
| Urbaite | 5.oct.2008 | | 42.50 | 53.20 | 122.40 | 241.00 | 307.60 | 368.90 | 373.90 | 384.10 |
| Sintiope | 5.oct.2008 | | 42.50 | 53.20 | 122.40 | 241.00 | 307.60 | 368.90 | 373.90 | 384.10 |
| Los Ramos | 12.oct.14 | | 42.50 | 0.00 | 0.00 | 263.20 | 299.40 | 335.40 | 395.60 | 444.20 |
| Los Ramos | 18.oct.14 | | 28.30 | 20.60 | 36.40 | 326.60 | 362.10 | 419.50 | 455.50 | 501.00 |
| La Unión | 18.oct.14 | | 28.30 | 20.60 | 36.40 | 326.60 | 362.10 | 419.50 | 455.50 | 501.00 |
| Urbaite | 18.oct.14 | | 28.30 | 20.60 | 36.40 | 326.60 | 362.10 | 419.50 | 455.50 | 501.00 |
| Sintiope | 18.oct.14 | | 28.30 | 20.60 | 36.40 | 326.60 | 362.10 | 419.50 | 455.50 | 501.00 |
| La Chirca | 18.oct.14 | | 28.30 | 20.60 | 36.40 | 326.60 | 362.10 | 419.50 | 455.50 | 501.00 |
| Los Ramos | 19.oct.14 | | 25.50 | 28.30 | 48.90 | 148.40 | 390.40 | 411.60 | 468.50 | 529.30 |
| La Unión | 19.oct.14 | | 25.50 | 28.30 | 48.90 | 148.40 | 390.40 | 411.60 | 468.50 | 529.30 |
| Urbaite | 19.oct.14 | | 25.50 | 28.30 | 48.90 | 148.40 | 390.40 | 411.60 | 468.50 | 529.30 |
| Sintiope | 19.oct.14 | | 25.50 | 28.30 | 48.90 | 148.40 | 390.40 | 411.60 | 468.50 | 529.30 |
| La Chirca | 19.oct.14 | | 25.50 | 28.30 | 48.90 | 148.40 | 390.40 | 411.60 | 468.50 | 529.30 |
| La Concepción | 19.oct.14 | Estación 069075 de Moyogalpa-INETER | 43.40 | 5.30 | 9.20 | 119.70 | 354.30 | 371.10 | 436.90 | 446.70 |
| La Flor | 19.oct.14 | | 43.40 | 5.30 | 9.20 | 119.70 | 354.30 | 371.10 | 436.90 | 446.70 |
| La Chirca | 14.oct.15 | Estación telemétrica 69242 de Altagracia-INETER | 107.80 | 10.00 | 10.00 | 46.80 | 58.00 | 208.40 | 212.80 | 298.20 |
| La Unión | 14.oct.15 | | 107.80 | 10.00 | 10.00 | 46.80 | 58.00 | 208.40 | 212.80 | 298.20 |
| Los Ramos | 14.oct.15 | | 107.80 | 10.00 | 10.00 | 46.80 | 58.00 | 208.40 | 212.80 | 298.20 |
| Los Ramos 1 | 3.oct.16 | Estación Altagracia – finca Luis Alemán | 36.07 * | 1.01 | 1.01 | 17.26 | 48.22 | 51.76 | 86.78 | 140.57 |
| Los Ramos 2 | 3.oct.16 | | 36.07 * | 1.01 | 1.01 | 17.26 | 48.22 | 51.76 | 86.78 | 140.57 |
| La Chirca | 3.oct.16 | | 36.07 * | 1.01 | 1.01 | 17.26 | 48.22 | 51.76 | 86.78 | 140.57 |
| Sintiope | 6.oct.16 | | 35.32 * | 0.00 | 48.76 | 66.02 | 91.90 | 97.74 | 131.48 | 178.41 |
| Promedio | | | 45.45 | 23.54 | 54.01 | 172.62 | 261.88 | 308.09 | 340.17 | 381.21 |

D: Día, * Precipitación acumulada al momento detonante del lahar durante la tormenta.

ocurridas el día del evento lahárico o precipitaciones detonantes del lahar durante un evento lluvioso determinado (según disponibilidad de información) y las precipitaciones acumuladas los días antecedentes al evento (1, 3, 10, 15, 20, 25 y 30 días).

De la Figura 1a a la Figura 1g, se presenta la correlación entre las variables "precipitación registrada el día del evento (mm) y precipitaciones acumuladas los días antecedentes (mm)" para las diferentes combinaciones de días. Las figuras están divididas en cuatro áreas (A, B, C, D) delimitadas por líneas que indican la media correspondiente en el eje "X" para la lluvia acumulada antecedente y en el eje "Y" la lluvia registrada el día del evento. El área "A" muestra aquellos lahares ocurridos con precipitaciones por encima de ambas medias; en el área "B" están representados los lahares cuyas precipitaciones registradas el día del evento están por debajo de la media y las precipitaciones acumuladas los días antecedentes están por encima de esta; el área "C" muestra aquellos lahares generados con precipitaciones por debajo de las dos medias señaladas, representando así aquellos eventos que en su formación necesitaron menor cantidad de precipitaciones; por último, en el área "D" se encuentran aquellos lahares con precipitaciones acumuladas antecedentes por debajo de la media, pero por encima de esta las precipitaciones registradas el día del evento.

La correlación entre los valores de precipitaciones registradas el día del evento respecto a las precipitaciones acumuladas los días antecedentes no presenta una buena correlación en ninguna de las combinaciones de días, lo que indica que estos fenómenos pueden presentarse con diferentes escenarios de lluvia acumulada antecedente. Los lahares ubicados en el área "C" de las figuras, por ser los que menos precipitaciones necesitaron para su ocurrencia, determinaran el umbral mínimo que se busca determinar en este estudio. De referencia se tomaran las figuras 1a, 1b y 1c, por ser las figuras que en el área "C" presentan mayor porcentaje de lahares ocurridos (40 % a 56.66 %) con el menor número de días de precipitaciones acumuladas antecedente (1, 3 y 10 días). El valor de porcentaje que se muestra en las figuras corresponde al porcentaje de lahares dentro del umbral mínimo.

Los resultados del análisis estadístico descriptivo (Cuadro 2) indican que en promedio estos eventos se dan con una precipitación de 45.45 mm con una media de acumulado de lluvia antecedente de un día de 23.54 mm, de tres días con 54.01 mm y de 10 días con 172.62 mm; la mediana muestra que menos del 50 % de estos eventos se dan con precipitaciones menores o iguales a 42.50 mm y con una lluvia acumulada antecedente de un día ≤ 20.60 mm o menos, de tres días ≤ 48.83, de 10 días ≤ 170.70, otro 50 % de estos eventos se dan con precipitaciones mayores o iguales a 42.50 mm, con una lluvia acumulada antecedente de un día ≥ 20.60 mm, de tres días ≥ 48.83 mm, de diez días ≥ 170.70 mm. En cuanto al registro de precipitaciones con mayor ocurrencia de lahares, los resultados indican que se tienen múltiples modas de precipitaciones con ocurrencia de este tipo de deslizamiento.

La desviación estándar de la serie de precipitaciones con ocurrencia de lahares y su acumulado de lluvia de 1, 3 y 10 días antecedentes al evento indica que la variabilidad de los datos es alta y por tanto se tiene una amplia incertidumbre en cuanto a las precipitaciones que ocasionan este tipo de fenómenos, lo que quiere decir que pueden ocurrir con diferentes escenarios de precipitaciones. De hecho, en el inventario de lahares seleccionados (Cuadro 1) se tiene que la menor precipitación que ocasionó fenómeno de lahares corresponde a 25.50 mm y la mayor precipitación que ha ocasionado estos eventos es de 107.80 mm, siendo el rango de diferencia entre los valores de 82.30 mm. De igual manera el rango de diferencia entre los valores de precipitaciones mínimos y máximos de lluvia acumulada antecedente que han provocado estos eventos es bastante amplio con 70.50 mm para un día, 122.40 mm para tres días y 309.34 para 10 días.

Una de las razones a las que puede deberse esta amplia incertidumbre es que para hacer el análisis de eventos históricos (excepto para el caso de los lahares 2016) fueron utilizadas las precipitaciones acumuladas durante las 24 horas del día de ocurrencia del evento lahárico, debido a que es el único dato del que se dispone, no siendo posible delimitar con exactitud la precipitación acumulada al momento detonante durante el evento lluvioso que ocasionó los lahares. Por ejemplo, se tienen casos que durante un día determinado durante las 24 horas se acumularon 107.80mm, sin embargo, no necesariamente el lahar ocurrió al acumularse los 107.80 mm en las 24 horas, este lahar pudo haber ocurrido cuando se alcanzaban 35 mm, 40 mm, 50 mm. Por esta razón, en este estudio se muestra la necesidad de monitorear las precipitaciones asociadas no únicamente al acumulado de lluvia en 24 horas, si no a monitorear las precipitaciones asociadas a la intensidad en intervalos de tiempo menores a 24 horas que permitan hacer evaluaciones puntuales de los eventos lluviosos que generan lahares.

El percentil 25 indica que del 100 % de eventos laháricos analizados, el 25 % ha ocurrido con precipitaciones ≤ 28.30 mm, con una lluvia acumulada antecedente de un día ≤ 5.30 mm, de tres días con precipitaciones ≤ 10.00 mm y de diez días con acumulados ≤ 97.88 mm; el percentil 50 se corresponde a la mediana y en cuanto al percentil 75 indica que el 75 % de los eventos históricamente se han desarrollado con precipitaciones ≤ 53.20 mm con precipitaciones acumuladas de un día ≤ 33.70 mm, de tres días con precipitaciones ≤ 105.10 mm y de diez días con acumulados ≤ 241.00 mm.

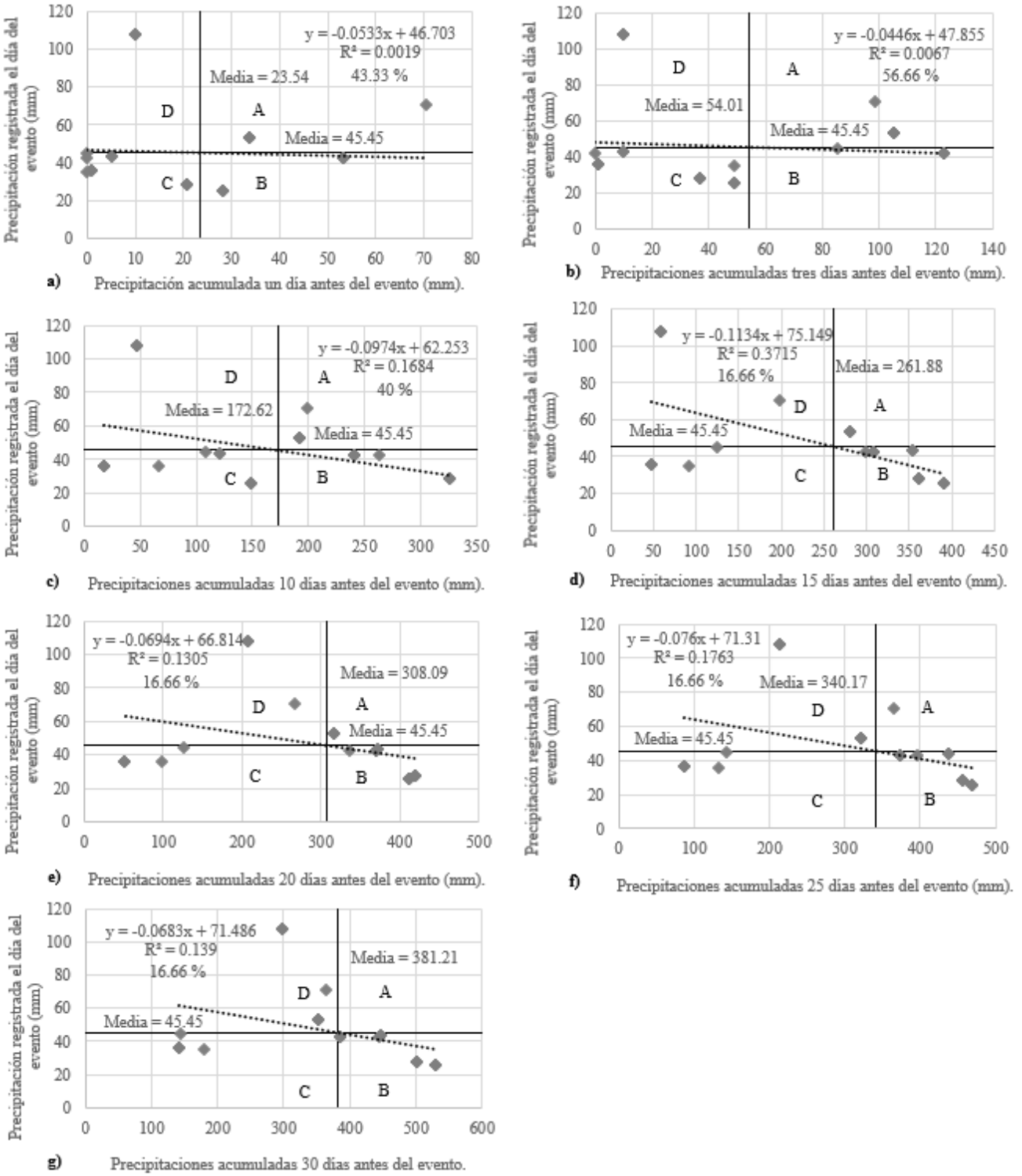



**Figura 1.** Correlación de precipitaciones registradas los días de eventos laháricos y precipitaciones acumuladas antecedentes para diferentes combinaciones de días.

**Cuadro 2.** Estadísticos de precipitaciones del día del evento lahárico y de 1, 3 y 10 días antecedentes

| Parámetros estadísticos | | Estadísticos de precipitaciones registradas el día del evento (mm) | Estadísticos de precipitaciones registradas un día antes del evento (mm) | Estadísticos de precipitaciones registradas tres días antes del evento (mm) | Estadísticos de precipitaciones registradas 10 días antes del evento (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| N | Válido | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 |
| | Perdidos | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Media | | 45.45 | 23.54 | 54.01 | 172.62 |
| Mediana | | 42.50 | 20.60 | 48.83 | 170.70 |
| Moda | | 25.50 [a] | 20.60 [a] | 36.40 [a] | 148.40 [a] |
| Desviación estándar | | 23.80 | 19.20 | 43.54 | 100.29 |
| Varianza | | 566.21 | 368.76 | 1 895.37 | 10 058.43 |
| Rango | | 82.30 | 70.50 | 122.40 | 309.34 |
| Mínimo | | 25.50 | 0.00 | 0.00 | 17.26 |
| Máximo | | 107.80 | 70.50 | 122.40 | 326.60 |
| Percentiles | 25 | 28.30 | 5.30 | 10.00 | 97.88 |
| | 50 | 42.50 | 20.60 | 48.83 | 170.70 |
| | 75 | 53.20 | 33.70 | 105.10 | 241.00 |

a. Existen múltiples modas. Se muestra el valor más pequeño.

**Modelación de probabilidades de ocurrencias de lahares para diferentes intensidades de precipitaciones.** En el Cuadro 3 se presentan los criterios utilizados en cada modelación de ocurrencia de lahares para las diferentes intensidades de precipitaciones (mm día$^{-1}$) y en la Figura 2 las respectivas modelaciones, observándose tres aspectos: área de falla del talud, inestabilidad del talud y simulación del deslizamiento del tipo lahar. En la simulación (Figura 2a), se observa que con una intensidad de lluvia de 5 mm día$^{-1}$ no se producen fallas en el talud en ninguna de las áreas del volcán Concepción; las fallas y pequeños deslizamientos en el talud se empiezan a notar levemente cuando se alcanzan 15 mm día$^{-1}$ (simulación Figura 2b); a los 25 mm día$^{-1}$ (simulación Figura 2c) se intensifican las fallas y deslizamientos del talud para la parte sureste y noreste del volcán. A partir de los 50 mm día$^{-1}$ las fallas y deslizamientos del talud incrementan fuertemente en la parte sureste, noreste y noroeste del volcán y se intensifican en la parte suroeste (simulación Figura 2d); cuando se alcanzan los 80 mm día$^{-1}$ y 100 mm día$^{-1}$ las fallas y deslizamientos del talud son muy significativas y de alto riesgo en todo el volcán Concepción (simulaciones Figura 2e y Figura 2f).

**Cuadro 3.** Criterios utilizados en las modelaciones de lahares con LandslideSim2016®

| Parámetros de simulación | Usos de suelo | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Uso de suelo 1 | Uso de suelo 2 | Uso de suelo 3 | Uso de suelo 4 |
| Conductividad (m día$^{-1}$) | 0.13 | 0.27 | 0.03 | 0.16 |
| Densidad aparente (g/cm$^3$) | 1.45 | 1.55 | 1.60 | 1.55 |
| Cohesión del suelo (kPa) | 28.00 | 25.00 | 21.25 | 26.86 |
| Ángulo de fricción interna (°) | 37.50 | 35.00 | 35.00 | 32.50 |
| Profundidad del suelo (m) | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Intensidad de lluvia (mm día$^{-1}$) | 5, 15, 25, 50, 80, 100 | 5, 15, 25, 50, 80, 100 | 5, 15, 25, 50, 80, 100 | 5, 15, 25, 50, 80, 100 |
| Tiempo total de simulación (s) | 1800.00 | 1800.00 | 1800.00 | 1800.00 |
| Tiempo de pasos de simulación (s) | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Tiempo de cada paso de exportación (s) | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 |

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni



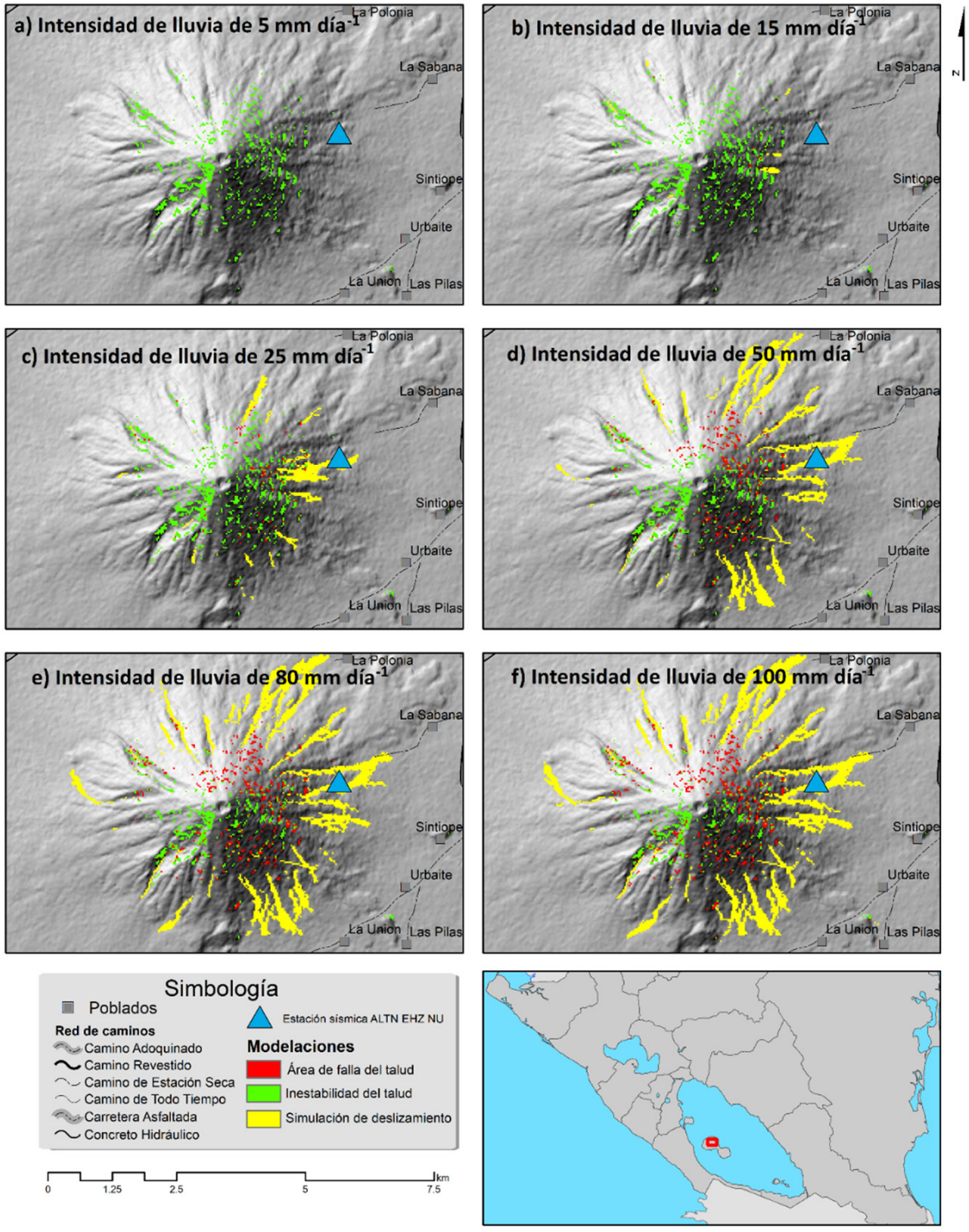



**Figura 2.** Modelaciones de lahares para diferentes intensidades de lluvia con el programa LandslideSim2016®.

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni



**Umbrales de precipitaciones para un SAT ante la ocurrencia de fenómenos laháricos.** Tomando en cuenta los estadísticos históricos que indican que la mayoría de lahares en el volcán Concepción han ocurrido en promedio con precipitaciones detonantes de 45.45 mm y dentro del umbral mínimo que se establece con una lluvia acumulada antecedente en promedio de 23.54 mm de un día, 54.01 mm de tres días y 172.62 mm de diez días, así como las modelaciones para diferentes intensidades de lluvia que indica que los principales cambios en el comportamiento de los lahares se dan con lluvias de magnitud de 15 mm día$^{-1}$ a 25 mm día$^{-1}$, de 25 mm día$^{-1}$ a 50 mm día$^{-1}$, de 50 mm día$^{-1}$ a 80 mm día$^{-1}$ y de 80 mm día$^{-1}$ a 100 mm día$^{-1}$.

Así mismo, considerando lo establecido por la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2014b) en la Ley No. 337 con su Reforma en la Ley No. 863, que indica que en Nicaragua la alerta verde debe declararse cuando se identifica la presencia de un fenómeno natural o provocado y por su peligrosidad puede causar afectaciones, la alerta amarilla a partir del momento en que se evalúa el fenómeno identificado y éste presenta tendencia a su crecimiento de forma peligrosa y la alerta roja cuando se produce un fenómeno de forma súbita y que de forma intempestiva causa un determinado impacto y de inmediato se deben de determinar las medidas de búsqueda, salvamento y rescate; se propone que las alerta ante la ocurrencia de lahares en el volcán Concepción sean activadas bajo los criterios planteados en el árbol de decisiones de la Figura 3, haciendo referencia a que cuando se tengan eventos lluviosos con las magnitudes de las precipitaciones planteadas (árbol de decisiones) no significa que ocurrirá un lahar, si no que "existen condiciones para que se produzca un lahar", estos umbrales tienen como propósito informar y alertar ante la ocurrencia de lahares, en ningún momento asegura la ocurrencia de este fenómeno. En el árbol de decisiones se observa que los rangos de precipitaciones para diferenciar la magnitud de los eventos laháricos y activar los diferentes tipos de alertas en el volcán Concepción, oscilan de 15 mm a 25 mm, entre 25 y 50 mm, de 50 mm a 80 mm, entre 80 y 100 mm y > 100 mm (Figura 3).

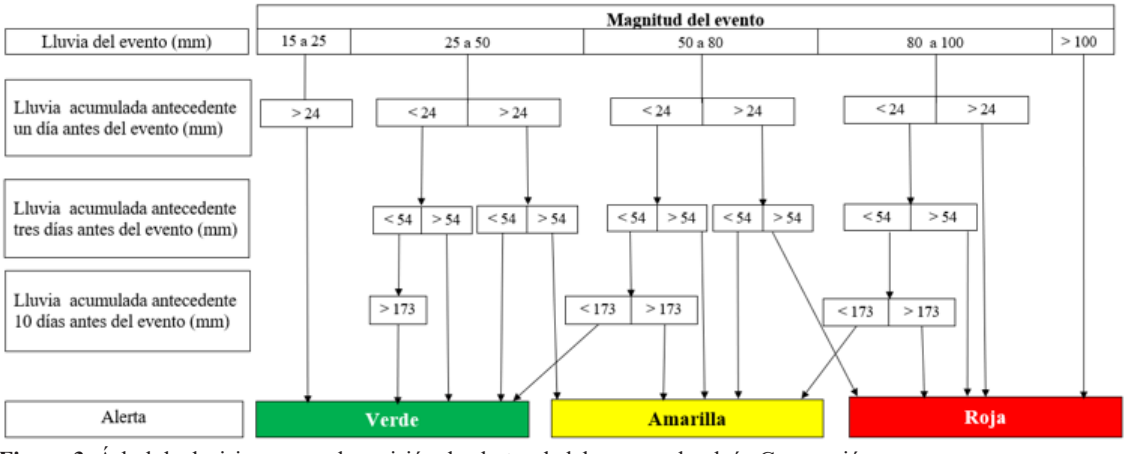



**Figura 3.** Árbol de decisiones para la emisión de alertas de lahares en el volcán Concepción.

En Nicaragua, se han realizados otros estudios de estimación de umbrales detonantes de este tipo de fenómeno, la investigación de Cruz (2005) sugiere que en base a las condiciones de las precipitaciones y su duración, el estado de alerta en el municipio de Dipilto, Nueva Segovia, en el área del Cerro El Volcán y las comunidades La Tablazón, El Volcán, Las Nubes y Dipilto Viejo, la alerta verde debe ser emitida con lluvias de 60 mm con tres horas de duración, la alerta amarilla con lluvias de 100 mm y seis horas de duración, iniciando procesos de evacuación con lluvias entre 150 mm y 300 mm con 12 horas de duración y hacer la declaración de alerta roja con lluvias > 300 mm con 24 horas de duración. Estos umbrales, en su mayoría son de mayor precipitación que los estimados para el volcán Concepción en la isla de Ometepe, por lo que se hace importante mencionar que los umbrales de precipitación como detonantes de fenómenos laháricos varían para cada lugar según las condiciones climáticas, geológicas, geomorfológicas, entre otras variables de cada sitio.

Considerando lo planteado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2012), un SAT puede definirse como un sistema o procedimiento diseñado para advertir con la debida anticipación de un riesgo potencial o un problema inminente, con la finalidad de apoyar a los tomadores de decisiones para la adopción con tiempo anticipado de medidas de respuesta pertinentes ante la presencia de un evento catastrófico, protegiendo así a las personas y sus bienes materiales.

Pradenas (s.f), que hace referencia a que un Sistema de Alerta Temprana ante la ocurrencia de lahares usualmente está compuesto de tres elementos básicos: sensores de

lluvia y telemetría, umbrales críticos de lluvia definidos por modelos físicos o empíricos y medios para la comunicación de las alertas a las autoridades y comunidades. Por tanto, los umbrales de precipitaciones resultantes de este estudio para la declaración de alertas ante la ocurrencia de lahares pueden evaluarse para ser integrados a un Sistema de Alerta Temprana para lahares en el volcán Concepción en la isla de Ometepe, Rivas Nicaragua.

## CONCLUSIONES

Los fenómenos laháricos en el volcán Concepción ocurren en promedio con precipitaciones de 45.45 mm, siendo la lluvia acumulada antecedente de uno a diez días la que mayor influencia ejerce para su ocurrencia.

Las modelaciones indican que en el volcán Concepción ocurren pequeños deslizamientos con intensidades de precipitaciones de 15 mm día$^{-1}$, incrementándose de manera significativa a los 50 mm día-1 y siendo de alto riesgo en todo el volcán Concepción con 80 mm día$^{-1}$; por lo que se proponen cinco intervalos de precipitaciones para su integración en un Sistema de Alerta Temprana bajo el riesgo de ocurrencia de lahares según los rangos entre 15 mm y 25 mm, de 25 a 50 mm, entre 50 mm y 80 mm, de 80 mm a 100 mm y mayor a 100 mm.

El tipo de alerta a emitir (verde, amarilla o roja) estará ligado a la lluvia acumulada antecedente de un día, tres días o 10 días.

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Universidad Tecnológica de Michigan (MTU por sus siglas en inglés) por financiar los equipos requeridos en este estudio, Fauna y Flora Internacional (FFI) y Fundación entre Volcanes (FEV) por sus diversos aportes en esta investigación. A Lindsay Ellingson, estudiante de la maestría de Geología de la Universidad Tecnológica de Michigan, por todos sus esfuerzos, gestiones y acompañamiento para desarrollar esta investigación. Angélica Valdivia, coordinadora del programa de Ometepe de Fauna y Flora Internacional, por sus gestiones y apoyo. A Harry Zeledón, Carlos Barrios y Arlin Hernández, por sus aportes en las actividades de campo. A los colaboradores de la Dirección de Geología y Geofísica y de la Dirección de Meteorología de INETER, por atender consultas y compartir información relevante para este estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abramson, L. W., Lee, T. S., Sharma, S., & Boyce, G. M. (1995). *Slope stability and stabilization methods*. Wiley interscience.

Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2014a). Ley No. 337, *"Ley Creadora del Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres", con sus Reformas Incorporadas*. http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/3B80B27217C715B906257DD3006F5A80?OpenDocument

Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2014b). *Ley No. 863, Ley de Reforma a la Ley No. 337 "Ley Creadora del Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres"*, http://legislacion.asamblea.gob.ni/SILEG/Gacetas.nsf/5eea6480fc3d3d90062576e300504635/a74b81d59e8c8bb706257cdf005d760c/$FILE/2014-05-14-%20G-%20Ley%20No.%20863,%20Ley%20de%20reforma%20a%20la%20Ley%20No.%20337,%20Ley%20creadora%20del%20Sistema%20Nacional%20para%20la%20Prevenci%C3%B3n,%20Mitigaci%C3%B3n%20y%20Atenci%C3%B3n%20de%20Desastres.pdf

Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central. (2008). *Sistemas de alerta temprana y monitoreo*. https://docplayer.es/222227257-Informe-regional-sistemas-de-alerta-temprana-y-monitoreo.html

Comisión Nacional de Energía. (2001). *Plan maestro geotérmico de Nicaragua: evaluación del área de volcán Casita - San Cristóbal*. https://www.mem.gob.ni/wp-content/uploads/2017/03/vol-III-Volcan-Casita-San-Cristobal.pdf

Cruz, L. (2005). *Monitoreo del deslizamiento cerro El Volcán y evaluación de la vulnerabilidad en cuatro comunidades aledañas, municipio de Dipilto, Nueva Segovia (Nicaragua)* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN, Managua).

Devoli, G., Álvarez, A., Chávez, G. y Talavera, E. (2002). *Estudios del campo sobre los lahares ocurridos en octubre de 2002, en el volcán Concepción, Isla de Ometepe*. https://web-geofisica.ineter.gob.ni/boletin/2003/02/eventos-importantes.htm

Meyerhof, G. (1956). *Correlation between SPT-N value and friction angle and Relative density*. https://www.geotechdata.info/parameter/angle-of-friction

Ordóñez, J., Samaniego, P., Mothes, P. y Schilling, S. (2013). *Las potenciales zonas de inundación por lahares en el volcán Cotapaxi*. https://www.cotopaxinoticias.com/images/noticias/adjuntos/Lahares%20del%20Cotopaxi.compressed.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2012). *Sistemas de alerta temprana manual informativo*. https://www.eird.org/pr14/cd/documentos/espanol/AmericaCentralHerramientasydocumentos/AlertaTemprana/EducacionNicaragua.pdf

Parés, J. y Varela, W. (2016). *Caracterización sobre la situación de los escenarios pre desastres para la actualización del protocolo de la Mesa Nacional para la Gestión del Riesgo (MNGR)*. https://crgrcentroamerica.org/wp-content/uploads/2023/05/MNGR_caracterizacion_de_los_escenarios_predesastres_final_300916.pdf

Pradenas Gonzáles, M. A. (s.f). *Umbral empírico de deslizamiento por precipitación, para la provincia de Concepción* [Tesis de ingeniería, Universidad del Bio - Bio]. http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/810/1/Pradenas_Gonzalez_Marcela.pdf

Suárez, J. (2009). *Deslizamientos: análisis geotécnico*. Universidad Industrial de Santander (UIS).

United States Department of Agriculture. (1975). *Clases Texturales de Suelos y Densidad Aparente*. United States Department of Agriculture.

Wyk, B. y Andrade, D. (2008). *Volcanismo y sismicidad*. http://www.creaf.uab.es/propies/pilar/libroriesgos/02_Cap%C3%ADtulo1.pdf

LA CALERA Revista Científica
Vol. 23 N° 41, p 124 – 132 / diciembre 2023

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni

AGROSOCIOECONOMÍA

# Tecnologías y prácticas que utilizan los productores en el manejo poscosecha de maíz y frijol en Estelí, Madriz y Nueva Segovia, Nicaragua

# Technologies and practices used by producers in postharvest handling of corn and beans in Estelí, Madriz and Nueva Segovia, Nicaragua

**Noemí del Carmen Obregón[1], Oscar José Gómez Gutiérrez[2]**
[1] Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda, ORCID: http://orcid.org/0000-0002-4758-7182 / noheobregon21@gmail.com
[2] Investigador independiente ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7668-407X / oscar.gomez@ci.una.edu.ni

## RESUMEN

Un adecuado manejo poscosecha contribuye a garantizar la seguridad alimentaria y el valor agregado de la producción de granos. Los productores recurren a la realización de tecnologías y prácticas poscosecha, con fines de evitar pérdidas. El estudio se centró en el análisis de la situación actual de acondicionamiento y almacenamiento de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), que utilizan los productores de pequeña escala de producción en la reducción de pérdidas poscosecha. Se aplicaron 379 encuestas, distribuidos en los departamentos de Estelí, Madriz y Nueva Segovia, Nicaragua, durante el periodo 2019-2020. Los resultados del estudio destacan que, en las operaciones de acondicionamiento, la etapa de presecado a nivel de campo y el aporreo manual representan algunos problemas en el deterioro del grano, esto es debido al uso de prácticas inadecuadas y condiciones climáticas. En el sistema de manejo del grano almacenado, se utilizan silos, sacos y barriles, aplicando para el manejo de plagas de almacén, en su mayoría, productos químicos. Las pérdidas poscosecha en los granos tienen una importancia económica, social y alimentaria que muchas veces no se valora en su verdadera dimensión, existiendo pérdidas en cantidad y calidad.

***Palabras clave:*** seguridad alimentaria, operaciones de acondicionamiento, almacenamiento, pérdidas poscosecha.

## ABSTRACT

Adequate postharvest management contributes to guarantee food security and added value of grain production. Producers resort to post-harvest technologies and practices to avoid losses. The study focused on the analysis of the current situation of conditioning and storage of corn (*Zea mays* L.) and beans (*Phaseolus vulgaris* L.) used by small-scale producers to reduce postharvest losses. A total of 379 surveys were applied, distributed in the departments of Estelí, Madriz and Nueva Segovia, Nicaragua, during the period 2019-2020. The results of the study highlight that, in conditioning operations, the pre-drying stage at the field level and manual pounding represent some problems in grain deterioration, this is due to the use of inadequate practices and climatic conditions. The stored grain management system uses silos, sacks and barrels, with the use of mostly chemical products to manage storage pests. Post-harvest losses in grains have an economic, social and food importance that is often not valued in its true dimension, with losses in quantity and quality.

**Keywords**: Food safety, conditioning operations, storage, postharvest losses.

*Recibido: 17 de marzo del 2023*
*Aceptado: 21 de septiembre 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).

Las Naciones Unidas han fijado acabar con el hambre, lograr la seguridad alimentaria y mejorar la nutrición, y promover la agricultura sostenible como el segundo de sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para el año 2030. En cumplimiento con este objetivo, se han realizado muchos esfuerzos para aumentar la producción de alimentos entre 50 % y 70 %, pero a menudo descuidando un importante desafío complementario, como es la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos (Felber y Witteveen, 2019).

Los países de la región centroamericana prestan poca atención al manejo poscosecha de granos. Éste se realiza, por lo general, con un bajo nivel tecnológico y poco control de la calidad, por lo que los productores que no disponen de silos o estructuras adecuadas de almacenamiento enfrentan severas pérdidas causadas por alto contenido de humedad, plagas y enfermedades; estas pérdidas oscilan entre el 10 % y 15 % (Rüegg y Valenzuela, 2013).

Los cultivos de maíz y frijol son de importancia estratégica para la región Centroamericana por sus implicaciones culturales, socioeconómicas y alimentarias. No son simplemente dos productos agrícolas, ambos están arraigados en la cultura regional. Además de la importancia económica, son la base fundamental de la seguridad alimentaria, al proporcionar energía y proteínas a la población, en especial, a los de menos recursos económicos. Proveen también otros servicios y productos como alimentación animal, productos industriales, materiales de empaque artesanal, biodiversidad agrícola, valor cultural, soporte y microclima para otros cultivos intercalados y otros recursos; señala el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Red de Innovación Agrícola y la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (IICA/Red SICTA/ COSUDE, 2014). A pesar de la importancia de los cultivos de maíz y frijol, los índices de productividad y rendimiento en el campo son bajos, en parte a la falta de acceso a la tecnología. A esto hay que sumarle, los bajos niveles tecnológicos durante el manejo poscosecha.

Para asegurar las cosechas de granos básicos, los productores y productoras, recurren a prácticas y estructuras de almacenamiento tradicionales, cuya utilización depende en gran medida de las condiciones ecológicas y climatológicas del lugar en donde se van a utilizar. Al respecto González *et al.* (2017) expresan que las decisiones que toman los productores con respecto a sus prácticas de poscosecha y sus métodos de almacenamiento son extremadamente diversas, dependen de la tradición, el conocimiento de las alternativas, las condiciones ambientales locales y la disponibilidad de tecnologías. El principio de manejo y almacenamiento de los granos básicos es de preservar la calidad del grano y evitar las perdidas poscosecha.

Este estudio persigue el fortalecimiento de los procesos de investigación en los sistemas de poscosecha de granos básicos. De manera específica se aplicó una metodología de investigación mixta, con el propósito de analizar la situación actual de los sistemas de manejo y almacenamiento de granos básicos (maíz y frijol) que utilizan las familias productoras de los departamentos de Estelí, Madriz y Nueva Segovia, todos ellos departamentos dela zona norte de Nicaragua, para reducir las pérdidas poscosecha; considerando para ello, las operaciones que realizan durante la cosecha y después de esta, en particular el uso de diferentes tipos de contenedores que disponen para el almacenamiento y los productos que utilizan para el control de plagas de los granos almacenados. Los resultados de la información obtenida dan pautas del sistema de manejo poscosecha, para evitar daños en los granos básicos almacenados.

## METODOLOGÍA

**Ubicación y descripción de la zona de estudio.** Esta investigación se realizó en 27 municipios distribuidos en diferentes zonas agroclimáticas de los departamentos de Estelí, Madriz y Nueva Segovia, Nicaragua (Figura 1).

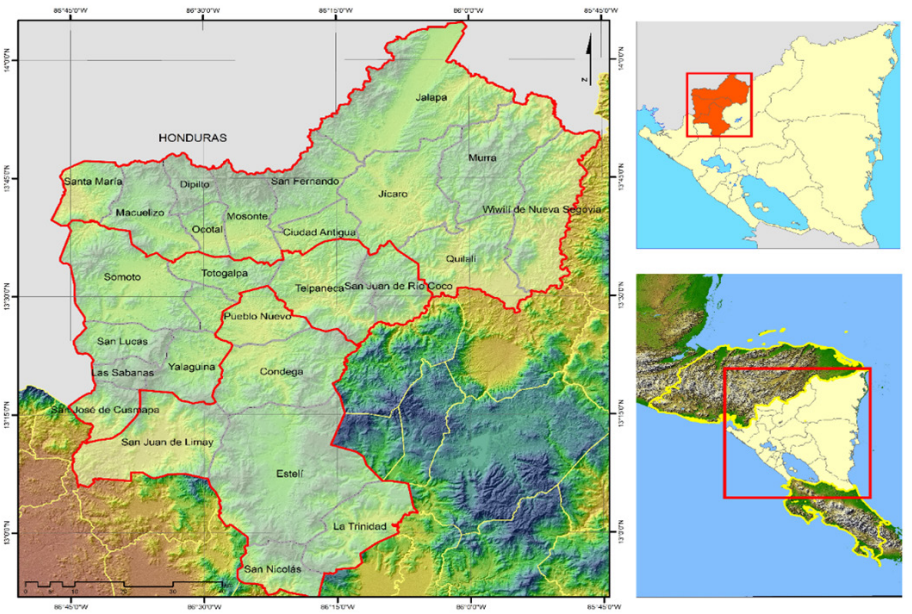



**Figura 1.** Mapa de ubicación de los 27 municipios distribuidos en los departamentos de Estelí, Madriz y Nueva Segovia. Fuente: Mendoza (2020)[1] .

[1]Mendoza Jara, F. (2020). Profesor titular, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni



El departamento de Estelí se localiza en la región central-norte del país, con una extensión territorial de 2 229.69 km² que representa el 1.7 % del territorio de Nicaragua, con una población de 201 548 habitantes; (97 805 hombres, 103 743 mujeres) que corresponde al 3.9 % de la población total del país. Está conformado por los municipios de Condega, Estelí, La Trinidad, Pueblo Nuevo, San Juan de Limay y San Nicolás. La producción de granos básicos se realiza en todos ellos, destacándose los municipios de Condega, Pueblo Nuevo y Estelí, como lo señala el Instituto Nacional de Información de Desarrollo y el Ministerio Agropecuario y Forestal (INIDE- MAGFOR, 2013a).

El clima se caracteriza por pocas pre¬cipitaciones durante la estación lluviosa, presentándose dos zonas climáticas bien marcadas; la zona muy seca con precipitaciones anuales menores de 1 000 mm tiene períodos caniculares bien marcados, se ubica al Sur del municipio de La Trinidad, en la parte céntrica de los municipios de Estelí y Condega y en el sector occidental del municipio de San Juan de Limay. La zona húmeda y fresca con precipitaciones entre 1 000 y 1 500 mm anuales, se presenta en la parte norte del municipio de San Nicolás y en el sector oriental de los municipios de Estelí y Condega, fronterizo con el departamento de Jinotega. La superficie en hectáreas del departamento de Estelí asciende a 178 404.90 ha (254 864.14 mz), destinando 88 658.47 ha (126 654.96 mz) para actividades agrícolas y 87 892.39 ha (125 560.56 mz) para actividades pecuarias.

El departamento de Madriz está ubicado en la región central norte del país, limita al norte con el departamento de Nueva Segovia, al sur con el departamento de Estelí, al este con Jinotega y Nueva Segovia y al oeste con el departamento de Chinandega y la república de Honduras. Posee una extensión territorial de 1 708.23 km² y está conformado por los municipios de Somoto, San Lucas, Las Sabanas, Cusmapa, Yalagüina, Palacagüina, Telpaneca, San Juan del Rio Coco y Totogalpa, su cabecera departamental es el municipio de Somoto, situado a 216 kilómetros de la ciudad capital, Managua [Instituto Nacional de Información de Desarrollo, Ministerio Agropecuario y Forestal (INIDE y MAGFOR, 2013b)]. El clima del departamento se caracteriza por las pocas precipitaciones durante la estación lluviosa, las que se manifiestan en dos zonas climáticas bien marcadas: una muy seca con precipitaciones anuales menores de 1 000 mm con períodos caniculares bien marcados, ubicándose en las tres cuartas partes del departamento; y la zona húmeda y fresca con precipitaciones entre 1 000 y 1 500 mm anuales. Esta última se presenta en la parte oriental del departamento que cubre la mitad del municipio de Telpaneca y la totalidad de San Juan de Río Coco. De las 117 579.66 ha (167 970.94 mz) del departamento, 72 360.20 ha (103 371.71 mz) son agrícolas y 43 683.32 ha (62 404.74 mz) son de uso pecuario.

El departamento de Nueva Segovia ocupa el extremo noroeste del país, limitando al sur con el departamento de Madriz; al este con el de Jinotega y al oeste y norte con la República de Honduras, de la cual la separa, como frontera natural, la cordillera de Dipilto y Jalapa. Posee una extensión territorial de 3 491 km² y está conformado por los municipios de Dipilto, El Jícaro, Wiwilí, Jalapa, Macuelizo, Mozonte, Murra, Ocotal, San Fernando, Quilalí, Santa María y Ciudad Antigua, su cabecera municipal es la ciudad de Ocotal, ubicada a 225 km de Managua, señala el Instituto Nacional de Información de Desarrollo y el Ministerio Agropecuario y Forestal (INIDE- MAGFOR, 2013c).

El clima en Nueva Segovia es de tipo subtropical con tendencia a seco en la parte occidental (Santa María 800-900 mm de precipitación anual), aumentando la humedad hacia la zona de Jalapa y Murra (1 800-2 000 mm). La temperatura promedio anual es de 25 °C en el valle de Ocotal, bajando a 17 °C en las alturas de Dipilto y Jalapa.

La superficie en hectáreas del departamento de Nueva Segovia asciende a 215 441.38 ha (307 773.4 mz) de las cuales 135 776.01 ha (193 965.73 mz) son de uso agrícola y 77 736.33 ha (111 051.9 mz) para actividades pecuarias.

**Tipo, enfoque y alcance de la investigación.** La investigación fue de tipo no experimental (descriptiva). En este diseño se logró observar y obtener información sobre las prácticas poscosecha que implementan los productores en el acondicionamiento y almacenamiento de granos y semillas de maíz y frijol. En el proceso de la investigación se utilizó un enfoque mixto. Para la obtención de datos cualitativos relacionados con la identificación de las prácticas de acondicionamiento y almacenamiento del grano y semilla, se aplicó la técnica de observación. La información relacionada con las organizaciones e instituciones que promueven las prácticas poscosecha en los municipios de estudio se aplicó la técnica de entrevista dirigida. El enfoque cuantitativo se aplicó en el análisis de los resultados de la encuesta sobre las prácticas de poscosecha.

La población total por departamento sobre la cual se basó el estudio, se determinó sobre la base de la información del IV Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) del Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE, 2011). Los criterios de selección considerados fueron: superficie de manzanas sembradas, zona agroclimática, rendimientos productivos y cantidad de productores y productoras por unidades de producción. La población total estuvo conformada por 31 882 productores y productoras distribuidos por departamento (Cuadro 1). A partir de la población total se derivó la muestra de estudio aplicando el método de muestreo probabilístico estratificado. La ecuación utilizada para tal fin fue la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{(N-1)E^2 + Z^2 * p * q}$$

Donde:

Z = Es el valor tabular de Z, a un nivel de confianza del 95 % (1.96); N = Población total (31 882 agricultores); p y q = probabilidades complementarias e igual a 0.5; E = Error de estimación aceptable para encuestas, el valor de "E" utilizado es del 5 % y finalmente n = tamaño de la muestra resultante que fue de 379 agricultores distribuidos por departamento de la manera siguiente:

**Cuadro 1**. Distribución de la muestra en los tres departamentos

| Departamento | Cantidad de agricultores que siembran granos básicos* | Muestra |
|---|---|---|
| Estelí | 8 875 | 105 |
| Madriz | 9 992 | 119 |
| Nueva Segovia | 13 015 | 155 |
| Total | 31 882 | 379 |

*Fuente: Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE, 2011).

La información recolectada en las encuestas giró alrededor de los temas siguientes: producción, operaciones de acondicionamiento antes del almacenamiento, almacenamiento poscosecha y asistencia técnica.

**Etapas que siguió la investigación**

**Etapa I: registro de información.** En esta etapa se realizó la revisión de información primaria y secundaria disponible en libros, documentos de internet e informes de investigaciones de poscosecha de granos básicos. Además, se elaboró y se realizó la validación de instrumentos de recolección de información.

**Etapa II: trabajo de campo.** Aplicación de encuestas. La finalidad de éstas fue conocer la percepción de los productores y productoras sobre las prácticas de acondicionamiento y almacenamiento de granos y semillas de maíz y frijol. Para esto se utilizaron los métodos de recolección de información siguientes: La encuesta estructurada, se preparó un cuestionario con preguntas abiertas y cerradas, sirvió para recopilar información tomando en consideración aspectos del núcleo familiar, sistema de producción y operaciones de acondicionamiento y almacenamiento de los granos básicos. La entrevista a profundidad se aplicó a dirigentes de organizaciones e instituciones públicas, con el propósito de recopilar información sobre las acciones y limitantes en el uso de prácticas poscosecha y las alternativas para el manejo adecuado de granos y semillas durante el acondicionamiento y almacenamiento. Por último, como herramienta de recopilación de información se aplicó la observación participante, con el fin de identificar y comprender las tecnologías y prácticas de acondicionamiento y almacenamiento de granos de semillas de maíz y frijol que utiliza en las fincas los productores. En total se visitaron y encuestaron a 379 productores y productoras.

**Etapa III: procesamiento y análisis de la información.** Los datos recopilados de las técnicas cuantitativas y cualitativas se procesaron con el programa SPSS versión 24 y Excel versión 2010. Se realizó, además, una triangulación de la información mediante la comparación de los resultados obtenidos con las distintas técnicas de investigación utilizadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Aspectos generales del núcleo familiar.** De acuerdo con la edad, los productores y productoras encuestados se clasificaron en tres grupos: de 18 a 30 años (n = 155 para un 41 % del total), de 31 a 59 (n = 190; 50 %) y mayores de 60 años (n = 34; 9 %). Al clasificar el total de encuestados por sexo y por departamento, se encontró que una gran mayoría pertenecen al sexo masculino (76 %, 83 % y 86 %, respectivamente en los departamentos de Estelí, Nueva Segovia y Madriz). En cuanto a formación, la mayoría posee el nivel primario (74 %; n=281), unos pocos han alcanzado la secundaria (14 %, n=53) y una cantidad menor el nivel universitario (8 %; n=30). El resto de encuestados (4 %; n = 15) expresaron saber leer y escribir, aunque no poseen un nivel de formación formal.

Un aspecto abordado en las encuestas fue la cantidad de maíz y frijol utilizada para el consumo familiar. En el caso del maíz el 62 % de los encuestados expresó utilizar de 1.59 kg a 2.27 kg por día, el 38 % restante solamente 0.91 kg. La mayor cantidad consumida por los encuestados del primer grupo obedece a que el producto se utiliza tanto para consumo humano como para consumo animal. En el caso del consumo diario de frijol las cantidades varían por municipio y, en general, oscilan entre 0.45 kg y 1.36 kg. La mayoría de los encuestados (59 %) expresó consumir 0.45 kg, el 31 %, 0.91 kg y el 10 % consumen 1.36 kg registrándose este último valor en los municipios de Jalapa, Quilalí, La Sabana y San Juan de Rio Coco. Estos resultados reflejan la importancia de los rubros maíz y frijol para la seguridad alimentaria lo que es confirmado por las estadísticas de INIDE (2011), que indica que una familia promedio de 5.4 miembros consume anualmente entre 816.47 kg y 861.83 kg de maíz y 244.94 kg de frijol.

El interés por el maíz ha aumentado de manera sostenible a nivel mundial ya que aparte del utilizarse para el consumo humano también se utiliza como forraje en la alimentación animal y en la industria. Este cultivo supera a cualquier otro en lo económico y en lo social y se ha trasformado en uno de los alimentos básico en el mercado

internacional, como lo señala el Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA, 2016). Con respecto al valor nutritivo, el fríjol es considerado como una de las principales fuentes de proteína, especialmente para aquellas poblaciones de bajos recursos, siendo Nicaragua uno de los mayores consumidores de frijol en el istmo centroamericano (IICA/Red SICTA /COSUDE, 2014).

**Aspectos de producción.** Con relación a la tenencia de la tierra De la O Campos *et al*. (2021) señalan que, en Nicaragua se han reforzado los derechos de propiedad a través de la mejora de los servicios de regularización, titulación y registro, beneficiando a 121 000 pequeños propietarios con nuevos títulos, 52 % de ellos mujeres, ya sea en forma individual o junto con su cónyuge. En este estudio, el 78.9 % (n=299) de las familias consultadas poseen título de propiedad, siendo esto un factor importante para el desarrollo de actividades productivas. No obstante, el 21.1 % (n=80) trabajan en unidades de producción que pertenecen al núcleo familiar (padre, madre o su esposa). Lo anterior coincide con lo expresado por Baumeister y Rocha (2009) quienes indican que en Nicaragua, a diferencia de otros países, el acceso a la tierra es amplio, con un aproximado de 70 % de los hogares rurales que incluyen área de parcela, principalmente en dominio privado con documentación completa o parcial sobre ellas.

En general y a nivel de pequeños productores, las áreas destinadas a la producción de maíz y de frijol son pequeñas, oscilando entre 0.7 ha y 4 ha, predominando aquellos productores (69 %; n = 262 y 61 %; n = 231, respectivamente) con parcelas entre 0.7 ha y 1.4 ha. La mayoría de ellos (96 %; n = 262) siembran los cultivos mencionados como monocultivo y solo unos pocos (4 %; n = 15) en asocio. En relación con el rendimiento promedio por hectárea de maíz y frijol, por departamento los resultados fueron los siguientes: Nueva Segovia: 2 258.32 kg $ha^{-1}$ y 1 742.13 kg $ha^{-1}$; Madriz: 1 225.95 y 774.28 kg $ha^{-1}$ y Estelí: 967.85 kg $ha^{-1}$ y 709.96 kg $ha^{-1}$. Baumeister y Rocha (2009) mencionan que la producción tradicional de maíz y frijol, en parcelas pequeñas es insuficiente para cubrir el autoconsumo y para obtener un excedente, ya que se carece de una estrategia de autoconsumo que abarque animales menores, abejas para miel, hortalizas, frutas y formas artesanales de conservación de alimentos.

**Operaciones de acondicionamiento del grano antes del almacenamiento**. Las operaciones de acondicionamiento necesarias para garantizar un duradero y seguro almacenamiento de los granos a nivel rural, las define Hernández (1998) en "una serie de actividades que se realizan al grano con el propósito de conseguir dejarlo en las condiciones que garanticen un almacenamiento seguro, conservando la calidad que el mismo trae desde la recolección" (p.16). Los resultados de las operaciones de almacenamiento que realizan los encuestados se describen a continuación:

***Momento óptimo para la cosecha***. Los productores consultados consideran varios métodos para determinar el momento óptimo en la cosecha de los granos. Respecto al maíz expresaron hacerlo en base a tres criterios: madurez fisiológica, aspectos morfológicos de la planta (las hojas se doblan y pierden la coloración verde) y el ciclo vegetativo de la variedad que se utiliza. En el caso del frijol el momento óptimo de cosecha se determina por cambios en la coloración de las hojas (de verde a amarillo), de las vainas (de verde claro a verde oscuro, rojizo o morado dependiendo de la variedad) y por defoliación (hasta un 50 %).

***El presecado como operación crucial para la reducción de las pérdidas poscosecha***. En maíz, los productores expresaron realizar el presecado de las mazorcas de tres maneras: en campo con planta doblada (Figura 2), en trojas y sobre la superficie del suelo en lonas o plástico. La primera forma de realizar el presecado atenta contra la calidad del grano ya que, las mazorcas de maíz se exponen por más tiempo a la humedad, roedores, insectos, hongos y pájaros.

**Figura 2.** Práctica de presecado de mazorcas de maíz en la planta, Jalapa, Nueva Segovia.

En frijol el presecado inicia con el arranque de las plantas al momento de la madurez fisiológica. Éste se puede realizar de las formas siguientes: presecado en campo (Figura 3) y en cordeles. El 78 % de los productores encuestados realizan el presecado de frijol en campo en manojos conformados por cinco o siete plantas con las raíces invertidas hacia arriba y el follaje en contacto con el suelo. La duración de esta operación es de tres a cuatro días. El presecado en cordeles es realizado por el 22 % de los productores. En este tipo de presecado el principio básico consiste en colgar las matas de frijol sobre cordeles extendidos entre árboles o entre estacas de madera con el fin de lograr una mejor aireación y evitar la humedad del suelo (IICA/Red SICTA/COSUDE, 2009).

**Figura 3.** Método de presecado de frijol en campo, municipio de El Jícaro, Nueva Segovia.

Con relación al desgrane de maíz y frijol la mayoría de los productores (51, n=192 y 95 %, n= 360, respectivamente para los cultivos mencionados) lo realizan por métodos manuales. El resto de los productores (49, n= 185 y 5 %, n= 19, respectivamente en maíz y frijol) utilizan desgranadoras mecánicas. Los métodos manuales de desgrane en maíz son muy variados entre los cuales destacan el aporreo de las mazorcas y el desgrane a mano. En el primer caso las mazorcas de colocan en una estructura especial hecha de madera (toldo) o bien en sacos o hamacas y se golpean repetidamente con una vara de madera hasta que el raquis suelta el grano. En el caso del frijol predomina el aporreo, para lo cual las plantas de frijol con vainas se colocan en el suelo sobre una carpa y se golpean repetidamente con dos varas cortas de madera (Figura 4). Una desventaja de separar los granos de las mazorcas o vainas por medio de golpes es que los granos sufren daños mecánicos.

**Figura 4.** Productores realizando aporreo de frijol en campo, municipio de El Jícaro, Nueva Segovia.

***El secado***. Otra operación del acondicionamiento de los granos es el secado; la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1993), destaca que el secado es el método consiste en la disminución de los niveles de humedad hasta permitir un equilibrio con el aire del ambiente para preservar su aspecto, características alimenticias, calidad nutritiva y viabilidad en el caso de la producción de semilla. Entre las prácticas tradicionales de secado García *et al*. (2007) mencionan las siguientes: secado natural ya sea en campo en espacios soleados o en espacios techados (incluyendo en el interior de las viviendas) y secado artificial por medio de secadoras a base de gas. En esta investigación el 85 % de los productores consultados realizan el secado natural, colocando los granos sobre plástico o telones de sacos de nylon o lona de polipropileno por un período de uno a tres días en dependencia de las condiciones ambientales, el 15 % lo realiza de manera artificial mediante el uso de ventiladores (abanicos comerciales) sobre todo, en la zona húmeda de Nueva Segovia.

En el caso del secado de semillas de maíz una práctica tradicional consiste en colgar racimos de mazorcas en el interior de las viviendas o cerca del fogón; con esta práctica el calor del fuego seca las mazorcas y los granos y el humo las cura y protege contra el daño por gorgojos. Gutiérrez *et al*. (2009) plantean que el maíz expuesto a altas temperaturas de secado puede causar daño físico a las semillas, además, disminuye el rendimiento de la molienda e incluso la cantidad proteica del grano.

Las operaciones de limpieza se realizan para remover impurezas, materia inerte y granos quebrados, vanos, dañados por insectos o infestados por patógenos que se producen durante las operaciones de la poscosecha. La limpieza de los sitios de almacenamiento también es importante ya que contribuye a la obtención de granos inocuos, porque permite remover posibles agentes microbiológicos perjudiciales para la salud, presentes en las estructuras de almacenamiento, a la vez que disminuye la necesidad de aplicar insecticidas (Abadía y Bartosik, 2013). Al respecto, la FAO (1993), señala que la operación de limpieza se puede realizar en forma manual, colocando el grano sobre una lona plástica, o mecánicamente por medio de máquinas de limpieza. Las máquinas de limpieza no sólo limpian los granos, sino que también los clasifican en base a una o más de sus características como pueden ser la forma, peso específico y dimensiones (largo, ancho y grosor).

En el caso de la limpieza de los granos de maíz y frijol, la mayoría de los productores encuestados (83 %, n=315) expresaron realizarla de forma natural venteando los granos sin alterar las propiedades del aire circundante, un menor porcentaje (17 %, n= 62) lo hacen con ayuda de ventiladores (abanicos comerciales). El venteo de los granos elimina residuos grandes del cultivo y granos vanos. Por otro lado, para la eliminación de granos y residuos pequeños del cultivo y materia inerte el 54 % (n=205) de los productores utilizan zarandas.

**Almacenamiento poscosecha.** El almacenamiento adecuado permite asegurar la conservación de granos y semillas hasta la siguiente cosecha. Ambos productos deben almacenarse de tal forma que no se deteriore su calidad, lo cual puede lograrse si se controla el contenido de humedad del grano, la humedad relativa y la temperatura del ambiente. Estos tres factores son determinantes para una buena conservación de granos y semillas (Rosas *et al*., 2007). Los granos almacenados constituyen un agroecosistema complejo por la serie de interacciones producidas entre luz, temperatura, humedad y agentes bióticos como insectos y hongos, que repercuten en la calidad del grano de maíz (Olakojo y Akinlosotu, 2004; Neethirajan *et al*., 2007).

Un manejo inadecuado durante la fase de poscosecha ocasiona que los ingresos de los pequeños productores bajen de manera considerable debido a que la mayoría de ellos cultivan sólo para el autoconsumo, pero hay quienes almacenan también para la venta con el fin ingresos adicionales para sus familias. Asimismo, las limitaciones para un buen manejo poscosecha de los granos obliga a los productores a vender al por mayor y de forma inmediata el producto recién cosechado, lo que no les permite procesarlo, transportarlo a grandes distancias o conservarlo para el momento de escasez, con lo que podrían obtener precios de venta más ventajosos. Así pues, para lograr una agricultura sustentable es imprescindible contar con un manejo poscosecha adecuado, que garantice un mercado con precios decorosos (Caballero y Barreiro, 2004).

De acuerdo con los resultados de este estudio, los productores guardan sus granos en varios tipos de contenedores (Figura 5) siendo los más utilizados, el silo metálico, el saco de nylon y el barril metálico. El uso del silo metálico es una tecnología importante para mejorar la seguridad alimentaria, en particular para los pequeños productores tal y como lo afirma Tefera *et al*. (2011).

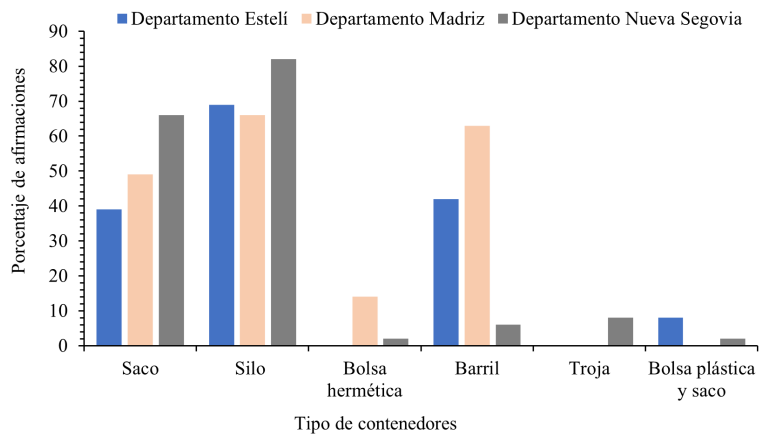



**Figura 5.** Contenedores para almacenamiento de granos de maíz y frijol usados en Estelí, Madriz y Nueva Segovia.

Los productores encuestados aplican diferentes estrategias para proteger sus granos almacenados de las plagas del almacén. El 74 % (n= 281) de ellos utilizan productos químicos como el fosfuro de aluminio, un 18 % (n= 68) utilizan alternativas naturales (cal, ceniza, ajo y plantas) y el 8 % (n= 30) no realiza tratamiento alguno. Esto indica que el método para proteger los granos almacenados más utilizado es el químico, sin embargo, y a como lo expresa Boyer *et al*. (2012), esto puede afectar la salud de los productores y consumidores y, además, puede desarrollar en los insectos resistencia a los químicos, reduciendo su eficacia.

Las alternativas naturales son importantes en la reducción de las pérdidas en granos almacenados. Los insectos son muy sensitivos a la desecación, y es debido a esto, que la cal y la ceniza, ejercen un buen control (Fields y Korunic, 2001). De igual manera la cal y la ceniza, pueden cambiar la humedad relativa y otras propiedades del ambiente dentro de los recipientes donde los productores almacenan sus granos, lo que puede inhibir el desarrollo de los hongos (Magan *et al*., 2003). Los municipios donde los productores utilizan más productos naturales para el manejo de las plagas del almacén son: Estelí, Condega, Pueblo Nuevo, San Juan de Rio Coco, San Lucas, Dipilto, El Jícaro y Jalapa.

Con relación a la cantidad de contenedores que los productores disponen y si estos son suficientes para almacenar la cosecha, la respuesta de ellos varió por departamento; en Estelí el 75 % (n=79 de 105) de los encuestados respondió que dispone de suficientes contenedores para guardar sus granos, en Madriz, ocurrió lo contrario ya que la mayoría (74 %; n=88 de 119) no disponen de suficientes contenedores y en Nueva Segovia solo el 52 % (n= 81 de 155) de los productores cuentan con suficiente capacidad de almacenamiento. Estos resultados sugieren la necesidad de apoyar a los productores con contenedores herméticos a fin de disminuir pérdidas poscosecha ya que una buena parte de ellos (37 %; n= 140) afirman que las pérdidas por plagas y hongos del almacén son considerables.

Las tecnologías herméticas (silos metálicos y bolsas plásticas herméticas) proporcionan un control eficiente de las condiciones de oxígeno, temperatura y humedad (García-Lara *et al*., 2013; Gitonga et al., 2015) lo que permite mantener la calidad de los granos por mayor tiempo, que en el caso de los productores encuestados, éste oscila entre tres y 12 meses, siendo, aunque con mayor frecuencia, entre seis y ocho meses.

**Instituciones y organizaciones que promueven tecnologías poscosecha**. Según los resultados de las entrevistas realizadas en las instituciones y organizaciones, muchas de ellas han impartido capacitaciones en temas como: momento óptimo

para la cosecha, clasificación de las mazorcas de maíz durante la cosecha, desgrane y almacenamiento, determinación del contenido de humedad del grano, diseño y manejo de casetas de secado, manejo y uso de máquinas desgranadoras, entre otros. Las capacitaciones descritas se han implementado a través de talleres y charlas demostrativos, días de campo y giras de intercambio, todo esto acompañado de procesos de investigación.

La institución promotora y referente nacional de tecnologías poscosecha es el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), otras instituciones nacionales que han impulsado el tema de poscosecha son la Unión Nacional de agricultores y Ganaderos de Nicaragua (UNAG), que a través de su programa de Campesino a Campesino, han venido aunando esfuerzos en la promoción y difusión de tecnologías poscosecha, así como organizaciones de cooperativas de productores de Nueva Segovia, universidades, con el aporte al desarrollo de investigaciones, y ONGs en la ejecución de proyectos que contemplaban algún componente de poscosecha. No obstante, a partir del 2015, las instituciones y organizaciones antes mencionadas, han reducido las actividades de capacitación, la promoción y difusión de tecnologías poscosecha debido a la culminación de programas y proyectos.

## CONCLUSIONES

La utilización de tecnologías y prácticas de poscosecha de maíz y frijol por los productores de los departamentos de Estelí, Madriz y Nueva Segovia, dependen de la tradición, el conocimiento de las alternativas para el almacenamiento, las condiciones ambientales propia de cada localidad y en especial la disponibilidad de tecnologías, como es el caso de contenedores de almacenamiento herméticos de granos que no son suficientes en los departamentos de estudio.

Se han implementado diversas tecnologías de manejo poscosecha apropiadas por los productores de pequeña escala, aunque algunas de ellas como es el presecado de la dobla del maíz en el campo, requiere de estudios que determinen el tiempo adecuado para evitar afectaciones en la calidad de los granos de maíz. Igualmente, el secado de granos de maíz y frijol, durante las horas de mayor insolación puede afectar negativamente la calidad de los granos. La primera práctica puede ocasionar mayor infestación de insectos y el segundo endurecimiento en los granos.

En aras de garantizar la disponibilidad de granos y semillas tanto en cantidad como en calidad es necesario realizar un manejo adecuado de poscosecha, que incluye una serie de prácticas de acondicionamiento y almacenamiento de forma segura durante un tiempo prolongado, claves para aumentar la disponibilidad de granos y minimizar las pérdidas.

## AGRADECIEMIENTOS

Este trabajo se realizó con el financiamiento del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA, Nicaragua) y la colaboración de su personal investigador y extensionista de atención a los 27 municipios de los departamentos de Estelí, Madriz y Nueva Segovia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abadía, B. y Bartosik, R. (2013). *Manual de buenas prácticas en poscosecha de granos: Hacia el agregado de valor en origen de la producción primaria*.https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Bartosik/publication/282878383_Manual_de_Buenas_Practicas_en_Poscosecha_de_Granos/links/5621474808ae93a5c927dda3/Manual-de-Buenas-Practicas-en-Poscosecha-de-Granos.pdf

Baumeister, E. y Rocha, J. (2009). *Crisis y pobreza rural en América Latina: el caso de Nicaragua*. https://rimisp.org/wp-content/files_mf/1372076022136648173 2N47_2009_BaumeisterRocha_crisispobrezaruralcasoNicaragua.pdf

Boyer, S., Zhang, H. & Lempérière, G. (2012). A review of control methods and resistance mechanisms in stored-product insects. *Bulletin of Entomological Research*, *102*(2), 213-229. https://doi.org/10.1017/S0007485311000654

Caballero, R. y Barreiro, J. (2004). Experiencias y soluciones a la poscosecha en el marco de una agricultura sostenible. *Leisa Revista de Agroecología*, *20*(3), 5-28. https://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol20n3.pdf

De la O Campos, A., Edouard, F. & Ruiz Salvago, M. (2021). *Effects of land rights formalization on households' tenure security and investments The case of PRODEP in Nicaragua*. https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb7981en

Felber, G. & Witteveen, A. (2019). P*ostharvest Management in Sub-Saharan Africa - Benin & Mozambique. Grain Postharvest Loss Prevention Project–Tanzania*. https://www.shareweb.ch/site/Agriculture-and-Food-Security/focusareas/Documents/phm_key_sdc_capex_africa_report_helvetas-projects.pdf

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. (2016). *Panorama Agroalimentario - Maíz*. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2016.pdf

Fields, P. & Korunic, Z. (2001). Control of Insects in Post-Harvest: Inert Dusts and Mechanical Means. In C. Vincent, B. Panneton & F. Fleurat-Lessard (Eds.), *Physical Control Methods in Plant Protection* (pp.248-257). https://doi.org/10.1007/978-3-662-04584-8_1

García, S. y Bergvinson, D. (2007). Programa integral para reducir pérdidas poscosecha en maíz. *Agricultura Técnica en México*, *33*(2), 181-189. https://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v33n2/v33n2a8.pdf

García, S., Ortíz, S. & Villers, P. (2013). Portable hermetic storage bag resistant to Prostephanus truncatus, Rhyzopertha dominica, and Callosobruchus maculatus. J*ournal of Stored Products Research*, 54, 23–25. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022474X13000404?via%3Dihub

Gitonga, Z. M., De Groote, H. & Tefera, T. (2015). Metal silo grain storage technology and household food security in Kenya. *J. Dev. Agric. Econ.*, *7*(6), 222–230. https://doi.org/10.5897/JDAE2015.0648

González, J., Rivers, A. y Verhulst, V. (2017). El sistema poscosecha de maíz en México. Diagnóstico mediante encuestas a pequeños productores. *Enlace*, 9(40), 42-48. https://repository.rothamsted.ac.uk/download/a31418405a608f02ea2d38ff53068c45ddbd5520f2286adc1c900b9f232bff06/15304748/Macdonald%20et%20al_Enlace_40-Octubre2017.pdf

Gutiérrez-Soto, M. V., Chavez-Barrantes, N., Hernández-Fonseca, J. C., Araya-Villalobos, R. y Ureña-Solís, D. (2009). Ambientes protegidos para el almacenamiento temporal y el secado del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en el campo. *Agronomía Mesoamericana*, *20*(2), 255-262. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43713059006

Hernández Hernández, J. E. (1998). *Tecnologías apropiadas para el almacenamiento y conservación de granos en pequeñas fincas*. https://docplayer.es/14870104-Tecnologias-apropiadas-para-el-almacenamiento-y-consecucion-de-granos-en-pequenas-fincas-cartilla-divulgativa.html

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Red de Innovación Agrícola y Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. (2009). *Tecnologías de presecado de frijol en campo. Boaco, Nicaragua*. https://repositorio.iica.int/handle/11324/11934

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Red de Innovación Agrícola y Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. (2014). *Las cadenas de valor de maíz blanco y frijol en Centroamérica: actores, problemas y acciones para su competitividad*.https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2643/BVE17038721e.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (2011). *Base de datos del IV CENAGRO*. https://www.inide.gob.ni/Home/dataBasesCENAGRO

Instituto Nacional de Información de Desarrollo y el Ministerio Agropecuario y Forestal. (2013a). *Departamento de Estelí y sus municipios. Uso de la tierra y el agua en el sector agropecuario*. IV Censo Nacional Agropecuario.

Instituto Nacional de Información de Desarrollo y el Ministerio Agropecuario y Forestal. (2013b). *Departamento de Madriz y sus municipios. Uso de la tierra y el agua en el sector agropecuario*. IV Censo Nacional Agropecuario.

Instituto Nacional de Información de Desarrollo y Ministerio Agropecuario y Forestal. (2013c). *Departamento de Nueva Segovia y sus municipios. Uso de la tierra y el agua en el sector agropecuario*. IV Censo Nacional Agropecuario.

Magan, N., Esperanza, R, Hope, R., Cairns, V. & Aldred, D. (2003). Post-Harvest Fungal Ecology: Impact of Fungal Growth and Mycotoxin Accumulation in Stored Grain. *European Journal of Plant Pathology*, 109, 723-730. https://doi.org/10.1023/A:1026082425177

Neethirajan, S., Karunakaran, C., Jayas, D., & White, N. (2007). Detection Techniques for Stored – Product Insects in Grain. *Food Control*, 18, 157–162. https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1078.5390&rep=rep1&type=pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1993). *Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural*. http://www.fao.org/3/x5027s/x5027S00.htm

Olakojo, S. A. & Akinlosotu, T. A. (2004). Comparative study of storage methods of maize grains in South Western Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, *3*(7), 362-365. https://doi.org/10.5897/AJB2004.000-2069

Rosas, I., Gil, A., Ramírez, B., Hernández, J. y Bellon, M. (2007). Calidad física y fisiológica de semilla de maíz criollo almacenada en silo metálico y con métodos tradicionales en Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. *30*(1), 69-78. https://www.redalyc.org/pdf/610/61030109.pdf

Rüegg, M. y Valenzuela, Y. (2013). *Estudio de caso del proyecto postcosecha en Nicaragua con un enfoque sistémico "Lograr que los mercados funcionen para los pobres"*. https://www.shareweb.ch/site/Agriculture-and-Food-Security/focusareas/Documents/phm_asocam_postcosecha_m4p.pdf

Tefera, T., Kanampiu, F., De Groote, H., Hellin, J., Mugo, S., Kimenju, S. C., Beyene, Y., Boddupalli, P. M., Shiferaw, B. & Banziger, M. (2011). The metal silo: Aneffective grain storage technology forreducing post-harvest insect and pathogen losses in maize while improving smallholder farmers' food security in developing countries. *Crop Protection*, *30*(3), 240–245. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.11.015

LA CALERA Revista Científica
Vol. 23 N° 41, p 133 – 138 / diciembre 2023
ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni



# Aporte económico de los equinos de trabajo en la producción de cacao en dos comunidades de Waslala, Región Autónoma de la Costa Caribe Norte, octubre 2021 a marzo 2022

# Economic contribution of working equines in cocoa production in two communities of Waslala, Autonomous Region of the North Caribbean Coast, October 2021 to March 2022

**Freddy Argüello Murillo[1], Fredred Valdivia Flores[2]**
[1] MSc. Ciencia de los Agronegocios, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2949-3422 / freddy.arguello@ci.una.edu.ni
[2] MSc. Ciencia de los Agronegocios, ORCID: https://orcid.org/0009-0000-2641-6432 / Fredred.Valdivia@thebrooke.org / vfredred@hotmail.com
*Autor de correspondencia:* freddy.arguello@ci.una.edu.ni

## RESUMEN

La presencia y participación de los equinos en diversas actividades económicas, sociales y culturales es destacable en el desarrollo de unidades de producción cacaoteras y otros ámbitos. Es fundamental cuantificar su relevancia económica y papel en los medios de vida de las familias productoras de cacao. En este estudio, se encuestaron 31 productores miembros de la Cooperativa Nueva Waslala, pertenecientes a las comunidades de Ceiba Dudú y Dipina. La información obtenida permitió cuantificar el ahorro en la fuerza laboral de las familias y la contribución del trabajo realizado por los equinos durante el último ciclo de producción de cacao, que abarcó de octubre de 2 021 a marzo de 2 022. El enfoque de investigación fue cuantitativo y descriptivo, utilizando una muestra no probabilística por conveniencia. Los resultados señalaron que las tareas de producción de cacao que más dependen de la fuerza de los equinos son la recolección del fruto y el transporte de la producción desde el hogar hasta el centro de acopio, donde el 86% de los propietarios se apoya en estos animales para realizar dichas actividades. En consecuencia, se estima que el ahorro en costos de producción de cacao, debido a la existencia de al menos un equino de trabajo en cada hogar, es de aproximadamente USD 305.03 durante el período de cosecha del cultivo. Además, cada equino contribuye al ahorro de unos 212.8 días de trabajo por año para su propietario. Estos hallazgos documentan la importancia de la presencia de los

## ABSTRACT

The presence and participation of horses in various economic, social and cultural activities is notable in the development of cocoa production units and other areas. It is essential to quantify its economic relevance and role in the livelihoods of cocoa-producing families. In this study, 31 producer members of the Nueva Waslala Cooperative, belonging to the communities of Ceiba Dudú and Dipina, were surveyed. The information obtained made it possible to quantify the savings in the labor force of the families and the contribution of the work carried out by the equines during the last cycle of cocoa production, which lasted from October 2 021 to March 2 022. The research approach was quantitative and descriptive, using a non-probability sample for convenience. The results indicated that the cocoa production tasks that depend the most on the strength of the horses are the harvesting of the fruit and the transport of the production from the home to the collection center, where 86% of the owners rely on these. animals to carry out these activities. Consequently, it is estimated that the savings in cocoa production costs, due to the existence of at least one working equine in each household, is approximately USD 305.03 during the crop harvest period. In addition, each horse contributes to the savings of about 212.8 days of work per year for its owner. These findings document the importance of the presence of equines and their well-being in the sustainability of the livelihoods of cocoa-

*Recibido: 24 de marzo del 2023*
*Aceptado: 25 de septiembre 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).

equinos y su bienestar en la sostenibilidad de los medios de vida de las familias productoras de cacao que cuentan con estos animales.
***Palabras clave:*** ingreso agrícola, fuerza de trabajo animal, desarrollo rural, bienestar animal, medios de vidas, contribución económica.

producing families that have these animals.
***Keywords:*** Farm income, animal labor force, rural development, animal welfare, livelihoods, economic contribution.

A nivel mundial, se estima que existen más de 120 millones de equinos trabajadores, incluyendo caballos, burros y mulas [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2004)]. Se calcula que estos animales contribuyen al sustento de más de 600 millones de personas (Brooke, 2014). América concentra aproximadamente el 37.71 % de la población mundial de equinos, seguido por África (34.23 %), Asia (23.47 %), Europa (4.29 %) y Oceanía (0.31 %). Estos equinos desempeñan un papel importante en la agricultura de subsistencia en estas regiones.

En Centroamérica, Nicaragua se destaca por tener la mayor población de equinos, con un total de 326 222 animales utilizados en actividades agropecuarias. El sector agropecuario genera alrededor del 30 % del empleo nacional según datos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2020).

Desde un punto de vista económico, se ha observado que los equinos se utilizan como herramientas para aumentar la productividad en las actividades agrícolas. Los pequeños agricultores que emplean estos animales para arar pueden cultivar áreas más extensas de manera más eficiente y rápida en comparación con el uso de mano de obra. Socialmente, la presencia de los equinos permite a sus propietarios participar en actividades comunitarias y disminuye la carga de trabajo de las familias, lo que brinda más tiempo, especialmente a las mujeres, para involucrarse en aspectos culturales, organizativos y sociales (Mburu *et al*., 2012).

Existe escasa información sobre el papel que desempeñan los equinos de trabajo en la contribución a las economías nacionales, sin embargo, siguen siendo la fuente de energía más accesible para millones de personas que dependen de sus servicios para garantizar sus medios de subsistencia.

El objetivo de esta investigación fue cuantificar la contribución económica de los equinos de trabajo de productores de cacao en dos comunidades del municipio de Waslala en la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte durante el período de octubre 2021 a marzo 2022, así como caracterizar aspectos demográficos y sociales de las familias productoras de cacao que utilizan equinos en su proceso de producción y estimar el aporte económico por el uso de equinos en la producción y de cacao.

## METODOLOGÍA

**Área de estudio.** El estudio se realizó en dos comunidades de Waslala, Dipina y Ceiba Dudu, ubicadas al Noroeste de la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte de Nicaragua, entre las coordenadas 13°20´ de latitud Norte y 85°22´ de longitud Oeste, a 241 km de Managua, capital de Nicaragua. Su extensión territorial es de 1 330 km², con altitudes desde los 420 msnm hasta 1 267 msnm. El municipio se divide en 20 comarcas y 64 comunidades, son de clima tropical húmedo con abundantes lluvias, temperaturas entre 18 °C y 26 °C y una topografía que alcanza pendientes promedio de 32 % como lo indica la Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense (URACCAN, s.f).

Se estableció contacto con dos organizaciones de base local: Cooperativa Nueva Waslala y la Asociación para la Diversificación y el Desarrollo Agrícola Comunal (ADDAC), con la información proporcionada por ambas organizaciones, fueron seleccionadas las comunidades Dipina y Ceiba Dudu, ubicadas a 35 km y 40 km, respectivamente del casco urbano de Waslala, de difícil acceso, topografía ondulada, pendientes sobresalientes de 30 grados y predominancia de cerros o montañas. Por las características de la zona, las fincas se encuentran dispersas a una distancia de 25 a 45 minutos a pie.

**Tipo de investigación.** La investigación es de tipo no experimental, cuantitativa de análisis descriptivo y explicativo.

**Población y muestra.** El municipio de Waslala cuenta con 29 comunidades productoras de cacao, de las cuales fueron seleccionadas dos comunidades con características similares en actividades productivas sobre la base de los siguientes criterios: mayor número de equinos trabajadores usados en la producción de cacao y mayor número de familias productoras de cacao como principal actividad productiva.

Para la delimitación de la muestra de las comunidades se plantearon los siguientes criterios: personas que se dediquen a la producción de cacao, personas que sean propietarias de equinos de trabajo y personas que sean miembros de la cooperativa Nuevo Waslala

La selección encontró a 31 productores de cacao propietarios de equinos, cuatro de ellos mujeres bajo estos criterios, los que se delimitaron como la población y muestra, conduciendo una muestra no probabilística por conveniencia donde la muestra es igual a la población.

**Cuadro 1.** Muestra de productores de cacao encuestados

| Comunidad | Mujeres | Hombres | Total |
|---|---|---|---|
| Dipina | 2 | 13 | 15 |
| Ceiba Dudu | 2 | 14 | 16 |
| Total | 4 | 27 | 31 |

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de la estructura socio - económica de las 31 familias

**Agua y saneamiento.** De acuerdo con los hallazgos de la investigación, se determinó que el 100 % de los productores de cacao tienen acceso a agua potable. En cuanto a la disponibilidad de fuentes de acceso, el 81 % de los productores (25) están conectados a una red de abastecimiento local, ya sea mediante mangueras o tuberías de tipo artesanal. El 10 % (tres productores) extraen agua de pozos privados ubicados en sus parcelas, mientras que el 9 % (tres productores) acarrean el agua desde otras fuentes para satisfacer sus necesidades.

**Energía eléctrica.** El 77 % (24) de los productores cuenta con paneles solares como fuente de energía, mientras que el 23 % (7) utilizan otras fuentes de energía, como el candil (combustión con kerosene). Estos datos reflejan un aumento significativo en el acceso a fuentes de energía en la comunidad, ya que se observa una mejora del 76 % en comparación con los datos del Censo de Población y Vivienda del Instituto Nicaragüense de Desarrollo (INIDE, 2008) donde se reportaba que el 99 % de las familias de ambas comunidades carecía de acceso a la electricidad.

**Vivienda.** Se identificó que solo el 6 % (dos productores) de los entrevistados habitan en viviendas consideradas adecuadas según los tres estándares de la Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). El 94 % restante cuenta únicamente con un techo adecuado de zinc, mientras que las paredes y los pisos están hechos de adobe y tierra, lo que, según los parámetros de NBI, se considera inadecuado. Sin embargo, es relevante destacar una mejora significativa en el material utilizado en los techos, ya que el 100 % de los hogares (31) tienen actualmente techos de zinc, en comparación con el 71 % reportado en el Censo de 2005 (INDE, 2008).

**Fuentes de ingreso familiar.** El 87 % de los productores (27) reciben ingresos provenientes de actividades combinadas entre la producción agrícola y pecuaria, mientras que el 13 % (cuatro productores) obtienen ingresos exclusivamente de actividades agrícolas, Las familias diversifican sus actividades de acuerdo con las demandas productivas del sector agropecuario, pero esto depende también de los recursos con los que cuenten, lo cual se corrobora en otros estudios realizados sobre la diversificación de actividades como alternativas para la subsistencia de las unidades familiares. (Montes de Oca *et al*, 2020). El desarrollo de la agricultura en Centroamérica ha sido de crecimiento lento, a pesar de que su aporte al PIB es muy significativo ya que representa cerca del 30 % como sector primario, la agricultura avanza con pasos lentos, la dinamización de las economías agrícola centroamericanas debe de estar enfocados por un lado en un sector agrícola capitalizado tecnológicamente y orientado a los mercados de exportación en productos de consumo domésticos como los granos básicos. La producción de granos básicos muchas veces es insuficiente para satisfacer la demanda interna. (Argüello,2011)

**Uso y esfuerzo de los equinos en la producción de cacao.** En relación con la composición de los animales de trabajo en las fincas, se registró la presencia de caballos y mulas, totalizando una población de 88 equinos distribuidos en las 31 fincas, con un promedio de tres animales por productor, y con un máximo de ocho y un mínimo de uno. En cuanto a las especies encontradas, se determinó que el 85 % son caballos, de los cuales 27 son yeguas, mientras que el 15 % restante corresponde a mulas. No se encontró población de burros en las fincas evaluadas. Esta información se alinea con el Inventario de Ganadería y Cultivos de la FAO (2014).

En lo que respecta a los tipos de trabajo que realizan los equinos en relación con el cacao, se encontró que el 100 % de los productores hizo uso de estos animales en al menos una actividad relacionada con el cultivo. La actividad más representativa es el transporte al centro de acopio, en la que el 84 % de los productores utilizó equinos. Al analizar las principales actividades de transporte donde se emplean los equinos, se identificaron tres rutas específicas:

1. Transporte desde el hogar al centro de acopio: El 84 % de los productores refirieron utilizar a los equinos para llevar la cosecha al centro de acopio, mientras que el 13 % optó por cargar los frutos con esfuerzo físico humano y un 3 % empleó algún tipo de automotor.

2. Transporte de la parcela al hogar: El 16 % de los productores confirmaron haber utilizado a sus equinos de trabajo para trasladar los frutos desde la parcela hasta su hogar, mientras que el 84 % restante llevó a cabo dicha tarea cargando la producción con esfuerzo físico humano.

3. Compra de insumos: El 16 % de los productores utilizó a sus equinos para llevar los insumos agrícolas desde el mercado local hacia sus unidades de producción; mientras que el 13 % de los productores mencionaron que para realizar esta acción utilizan algún tipo de automotor, mientras que el 71 % restante no realizó ninguna compra de insumos durante el período evaluado.

Los equinos desempeñan un papel relevante en diversas actividades relacionadas con la producción de cacao en las fincas evaluadas, principalmente en el transporte de la cosecha al centro de acopio. Estos resultados proporcionan información valiosa para comprender el uso y

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni



la importancia de los equinos como aliados en las labores agrícolas y logísticas en el contexto del cultivo de cacao. El principal uso de la energía sirve para el trabajo agrícola, como el arado, la siembra, el aporque y el deshierbe. Por lo tanto, ayuda a producir alimentos para el consumo propio o la comercialización. Los animales de tiro juegan un papel importante en el transporte de personas y de diversos materiales útiles para la explotación familiar: madera, agua, cultivos, forraje, abono; facilitan así la circulación, distribución y comercialización de productos agrícolas. Ahorran a las mujeres y a los niños en particular, el tiempo y esfuerzo dedicados a transportar agua y madera (Lhoste y Havard, s.f).

**Cuadro 2.** Participación de los equinos en la producción y comercialización del cacao

| Actividad realizada en el manejo de cacao | Productores que han usado equinos | Porcentaje |
|---|---|---|
| Manejo de malezas | 1 | 3 |
| Poda | 1 | 3 |
| Siembra | 2 | 6 |
| Transporte del cacao del hogar al mercado | 2 | 6 |
| Manejo de enfermedades | 3 | 10 |
| Fertilización | 4 | 13 |
| Compra y transporte de insumos | 5 | 16 |
| Transporte del cacao de la parcela al hogar | 5 | 16 |
| Recolección de frutos dentro de la parcela | 13 | 42 |
| Transporte del cacao del hogar al centro de acopio | 26 | 84 |

**Carga transportada por los equinos.** La carga total que un equino transporta durante un ciclo de producción de cacao puede variar dependiendo del volumen de producción, la disponibilidad de equinos en la finca y el manejo específico del cultivo. Según los registros recopilados, se encontraron cargas máximas de 1 800 kg y cargas mínimas de 90 kg durante el ciclo de estudio.

En promedio, los equinos transportaron 663.37 kg de cacao durante el período de octubre de 2021 a marzo de 2022. Si consideramos que cada hogar posee un promedio de 2.84 equinos, se estima que un equino trabajó hasta 8.80 días en el ciclo de producción de cacao en la actividad de transporte de la cosecha, la carga transportada por cada uno de los equinos fue de aproximadamente 233.58 kg de cacao. Esto toma en cuenta que, durante el período de actividad productiva del cacao, cada equino recorrió distancias que oscilaron entre un máximo de 528 kilómetros y un mínimo de dos kilómetros, con un promedio de distancia recorrida de 43.56 km. Si asumimos que cada finca cuenta en promedio con 2.84 equinos, estos recorrieron en promedio una distancia de 123.71 km durante el período de estudio.

Es importante destacar que este estudio no consideró otras actividades que los equinos puedan realizar fuera del ciclo de producción de cacao. Los datos obtenidos ofrecen una visión de la carga que los equinos asumen y las distancias que recorren en el contexto específico de la producción de cacao, lo cual es relevante para comprender su contribución en esta labor y su papel en la economía de las fincas evaluadas.

**Aporte económico.** Considerando el costo de referencia para alquilar un equino por viaje, este asciende a USD 5.60 dólares, y tomando en cuenta que el número promedio de viajes realizados por los equinos es de 54.47 durante el período de seis meses correspondiente al pico de cosecha del cacao, se estima que el costo de oportunidad para cada hogar que posee un equino es de aproximadamente USD 305.03.

El cálculo para obtener esta estimación se realizó multiplicando los siguientes factores: costo de alquiler de un equino por viaje X número promedio de viajes realizados.

Estos resultados concuerdan con las afirmaciones de Chirgwin (1995), quien señala que los equinos contribuyen a la economía familiar mediante el transporte de personas o cargas de producción. La estimación del costo de oportunidad proporciona una visión clara del valor económico que aportan los equinos a los hogares que los poseen, especialmente durante el período crítico de cosecha de cacao que abarca de octubre a marzo.

Se realizó un cálculo relacionado con la contratación de mano de obra en ausencia de equinos en la comunidad, considerando los siguientes factores proporcionados por los encuestados:

• Capacidad de carga de un adulto: 45.25 kg por persona.

• Distancia máxima que puede recorrer un adulto por día con una carga de 45.25 kg por 1 km.

• Tiempo necesario para recorrer 1 km con una carga de 45.25 kg igual a 160 minutos (2.67 horas).

• Distancia promedio recorrida por una persona adulta durante el período de octubre de 2021 a marzo de 2022: 29.83 km.

Utilizando el factor de 2.67 horas por kilómetro recorrido, que indica el tiempo que le tomaría a una persona adulta trasladar una carga de 45.25 kg, se dedujo que para transportar la producción de cacao promedio (663.73 kg), se requerirían aproximadamente 39.1 horas por cada kilómetro de distancia (2.67 horas $km^{-1}$ X 663.73 kg) / 45.25 kg = 39.1 horas $km^{-1}$).

**Cuadro 3.** Equinos por finca, viajes promedios realizados por un equino y distancia recorrida

| Productor | Número de viajes por productor | Equinos por finca | Promedio de distancia por equino (km) |
|---|---|---|---|
| 1 | 120 | 1 | 120 |
| 2 | 88 | 2 | 44 |
| 3 | 72 | 5 | 14 |
| 4 | 145 | 2 | 73 |
| 5 | 132 | 2 | 66 |
| 6 | 30 | 5 | 6 |
| 7 | 25 | 4 | 6 |
| 8 | 76 | 2 | 38 |
| 9 | 48 | 2 | 24 |
| 10 | 38 | 2 | 19 |
| 11 | 83 | 1 | 83 |
| 12 | 92 | 2 | 46 |
| 13 | 25 | 1 | 25 |
| 14 | 38 | 2 | 19 |
| 15 | 66 | 1 | 66 |
| 16 | 25 | 4 | 6 |
| 17 | 51 | 1 | 51 |
| 18 | 36 | 1 | 36 |
| 19 | 23 | 2 | 12 |
| 20 | 21 | 8 | 3 |
| 21 | 17 | 4 | 4 |
| 22 | 97 | 2 | 49 |
| 23 | 58 | 4 | 14 |
| 24 | 40 | 6 | 7 |
| 25 | 19 | 3 | 6 |
| 26 | 42 | 5 | 8 |
| 27 | 17 | 4 | 4 |
| 28 | 30 | 3 | 10 |
| 29 | 12 | 3 | 4 |
| 30 | 58 | 2 | 29 |
| 31 | 66 | 2 | 33 |
| Promedio | 54.47 | 2.84 | 29.83 |

Si consideramos que el recorrido promedio del equino fue de 29.83 km, significa que, en ausencia de equinos en la comunidad, cada productor necesitaría invertir en promedio 1 166.3 horas de trabajo humano para sustituir el aporte del transporte equino (29.83 km X 39.1 hora $km^{-1}$ = 1 166.3 horas).

En este sentido, si asumimos que el horario agrícola es de ocho horas diarias, las 1 166.3 horas representarían 145.7 días laborales adicionales que necesitaría cada productor en promedio para transportar su producción en ausencia de equinos en la comunidad. En términos de costos, considerando que el precio del día jornal según la información recolectada en el estudio es de USD 8.40, esto implicaría un incremento aproximado de USD 1 224.6 en los costos de producción del cacao (1 166.3 horas / 8 horas = 145.7 días) * 8.4 (USD) = 1 224.6 (USD).

## CONCLUSIONES

La contribución económica de los equinos de trabajo en las fincas productoras de cacao es significativa en términos económicos, representa un ahorro de energía y disminución de costos al contar con estos animales en la finca. Los equinos desempeñan un papel significativo en todo el ciclo de producción de cacao, destacándose en particular en el transporte de la cosecha, de la finca al centro de acopio, así como el traslado de materia prima; los productores ahorran días de trabajo (esfuerzo físico) durante el ciclo de producción de cacao, enfocándose principalmente en el uso de estos animales para el transporte.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Argüello, F. (2011). *Comercio centroamericano intrarregional de productos de alimentación básica (Arroz (Oryza sativa), maíz (Zea mays), frijol (Phaseoulus vulgaris)) 2000 -2009* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. https://repositorio.una.edu.ni/827/1/tne71a694.pdf

Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). *Análisis de políticas agropecuarias y estimación de apoyo a los productores para Nicaragua 2011-2017.* https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Analisis-de-politicas-agropecuarias-y-estimacion-de-apoyo-a-los-productores-para-Nicaragua.pdf

Brooke. (2014). *Invisible Helpers: Women's views on the contributions of working donkeys, horses and mules to their lives*. https://www.thebrooke.org/sites/default/files/Brooke%20News/Invisible%20Helpers%20Report.pdf

Chirgwin, J. C. (1995). *Los animales de trabajo y el desarrollo sostenible*. https://www.fao.org/3/v8180t/v8180T0p.htm#los%20animales%20de%20trabajo%20y%20el%20desarrollo%20sostenible

Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (2008). *Waslala en cifras*. https://www.inide.gob.ni/docu/censos2005/CifrasMun/RAAN/WASLALA.pdf

Lhoste, P. y Havard, M. (s.f). *La tracción animal en el mundo*. https://www.energie-cheval.fr/es/menu-principal/energie-cheval/la-traction-animale-dans-le-monde/

Mburu, S., Zaibet, L., Fall, A. & Ndiwa, N. (2012). *The role of working animals in the livelihoods of rural communities in West Africa*. http://www.lrrd.org/lrrd24/9/mbur24156.htm

Román Montes de Oca, E., Licea-Resendiz, J. E. y Romero-Torres, F. (2020). Diversificación de ingresos de los productores como estrategias de desarrollo rural. *Entramado*, *16*(2), 126–148. https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.6752

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2004). *Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas. Proyecciones al 2010*. https://www.fao.org/3/y5143s/y5143s00.htm#Contents

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *The role, impact and welfare of working (traction and transport) animals*. https://www.fao.org/3/i3381e/i3381e.pdf

Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense. (s.f). *Ficha Municipal de Waslala*. https://observatorio.uraccan.edu.ni/documentos/otros/waslala

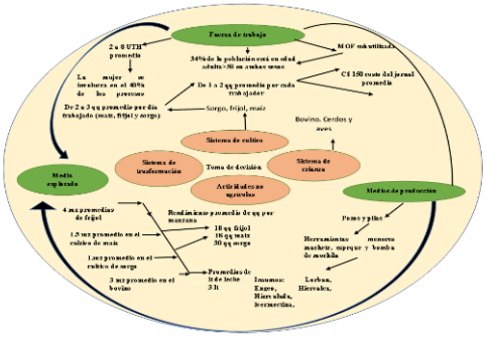
LA CALERA Revista Científica
Vol. 23 N° 41, p 139 – 146 / diciembre 2023
ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni



# Análisis agro socioeconómico de diez fincas en la comunidad El Quinal en Santa Teresa, Carazo, Nicaragua 2020 - 2021

## Agro socioeconomic analysis of ten farms El Quinal Community of Santa Teresa Carazo, Nicaragua, 2020 - 2021

**Oswaldo Martin Pineda Rizo[1], Fidel Guzmán Guillen[2], Engell Josué Jarquín Sánchez[3], Miguel Adonis Dumas[4]**
[1] MSc. Desarrollo Rural / ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2704-1051 / tierrapnd1@gmail.com / oswaldo.pineda@ci.una.edu.ni
[2] Dr. Planificación y Gestión de Proyectos del Desarrollo Rural Sostenible / ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0604-4883 / fidelblue@gmail.com
[3] Graduado de la carrera de licenciatura en Desarrollo Rural / ORCID: https://orcid.org/0009-0008-0104-8707 / engelljarquin1234@gmail.com
[4] Graduado de la carrera de licenciatura en Desarrollo Rural / ORCID: https://orcid.org/0009-0002-7334-5395 / migueldumas01@gmail.com
Universidad Nacional Agraria, Facultad de Desarrollo Rural




## RESUMEN

Una de las estrategias de extensión e investigación es fortalecer las alianzas de gobiernos municipales, sociedad y academia. Esta investigación se realizó en la comunidad El Quinal, municipio de Santa Teresa-Carazo, Nicaragua. El objetivo fue realizar un análisis agro socioeconómico y técnico con el enfoque de sistema en diez fincas (sistema de producción). El diseño metodológico se realizó en cuatro fases, siendo la fase I la organización y revisión de fuentes bibliográficas, la fase II referida a la recolección de datos a través de entrevistas a productores en las fincas, la fase III orientada al análisis y procesamiento de datos y la fase IV corresponde a la presentación de informe final a los productores y autoridades locales. Estudio basado en un sistema local participativo no experimental. El universo muestral fue de 60 fincas, el tipo de muestra es no probabilística y por conveniencia, ya que se seleccionaron 10 fincas de acuerdo con las necesidades de investigación; las variables de estudio fueron socio económicas y técnico productivas; sus indicadores medidos son, escolaridad alcanzada, unidad de trabajo humano, mano de obra, gastos familiares, umbral de reproducción simple, rendimiento físico de la tierra, productividad del trabajo y balance de caja. Los resultado expresan qué el 45 % no logran terminar sus estudios de primaria, el promedio de la unidad de

## ABSTRACT

One of the extension and research strategies is to strengthen alliances between municipal governments, society and academia. This research was conducted in the community of El Quinal, municipality of Santa Teresa-Carazo, Nicaragua. The objective was to carry out an agro-socioeconomic and technical analysis with a system approach in ten farms (production system). The methodological design was carried out in four phases, being phase I the organization and review of bibliographic sources, phase II referred to data collection through interviews with producers in the farms, phase III oriented to data analysis and processing, and phase IV corresponds to the presentation of the final report to producers and local authorities. The study was based on a non-experimental participatory local system. The sample universe was 60 farms, the type of sample was non-probabilistic and by convenience, since 10 farms were selected according to the research needs; the study variables were socioeconomic and technical-productive; the indicators measured were schooling attained, human labor unit, labor force, family expenses, simple reproduction threshold, physical yield of the land, labor productivity and cash balance. The results show that 45% of the families do not finish primary school, the average human labor unit is 3.27 man days, 50% of the family

*Recibido: 26 de enero del 2023*
*Aceptado: 13 de noviembre 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).

trabajo humano es de 3.27 días hombres, que hay un 50 % de mano de obra familiar aprovechada en las fincas, el principal gasto de la familia es la alimentación, el 70 % de las familias se encuentran en condiciones de subsistencia según indicador del umbral de reproducción simple, los principales cultivos es maíz, fríjol y sorgo y la mayoría no logran equiparar los rendimientos a nivel nacional, la productividad del trabajo logra superar el valor de pago de un día hombre y referente al balance económico siete de las 10 fincas tienen saldos negativos al final del año. En conclusión, solo el 30 % de las familias por finca logran satisfacer sus necesidades básicas y pueden reponer los medios de producción para el ciclo siguiente.
***Palabras clave:*** balance de caja, umbral de reproducción simple, productividad del trabajo, unidad de trabajo humano.

labor is used on the farms, the main expense of the family is food, 70% of the families are in subsistence conditions according to the simple reproduction threshold indicator. 27 man days, there is 50% of family labor used on the farms, the main expense of the family is food, 70% of the families are in subsistence conditions according to the simple reproduction threshold indicator, the main crops are corn, beans and sorghum and most of them are not able to match the yields at national level, the productivity of labor exceeds the value of payment of one man day and regarding the economic balance, seven of the 10 farms have negative balances at the end of the year. In conclusion, only 30% of the families per farm are able to satisfy their basic needs and can replenish the means of production for the following cycle.
***Keywords:*** Cash balance, simple reproduction threshold, labor productivity, human labor unit.

Las fincas productivas pertenecen a la comunidad El Quinal, localizada en el municipio de Santa. Teresa, departamento de Carazo, Nicaragua, esta zona ha sido abordada en diversos estudios desdes del año 2016, por la Facultad de Desarrollo Rural de la Universidad Nacional Agraria, que ha analisado aspectos como la adopción tecnologíca, potencialidades socioeconomicas y ambientales, gestión local para la seguridad alimentaria y el empoderamiento de la gestión comunitaria, donde se han identificado limitaciones y dificultades a nivel social, economico y ambiental.

Actualmente las familias productoras presentan dificultades en dar un adecuado funcionamiento técnico a los diferentes subisistemas de producción, sea este agrícola, pecuario, forestal o mixtos, y el trabajo de la tierra, es la principal fuente de ingresos para el de desarrollo del sector, por lo cual organismos e instituciones implementan diversas metodologías de trabajo para analizar la problemática campesina, en nuestro caso, utilizamos el denominado enfoque de sistemas con el propósito de contar con una visión integral del manejo, limitantes y potencialidades de las fincas de pequeños y medianos productores.

La problemática generalizada es el actual funcionamiento socio económico y técnico productivo que ocasionando bajos rendimientos productivo en las fincas de la comunidad El Quinal, siendo las causas principales de esta problemática el uso extensivo de los medios de producción y tecnologías usadas, la carencia de servicios básicos, a si como salud, educación, escaces de empleo y abandono de tecnologías de riego a causa de la escases de agua. Esto ocasiona efectos directos en la economía y sociedad, generando pérdidas económicas en las unidades de producción lo que genera un efecto de migración, escases de alimentos y un deficiente trabajo organizativo.

Este tipo de estudio constribuye a indentificar los factores claves que afectan un adecuado manejo integral de las fincas y entender la racionalidad del productor, como una estrategia de vida que forma parte de los medios de subsistencias de las familias, logrando determinar y recomendar las buenas prácticas agropecuarias para un adecudo funcionamiento de las unidades productivas de acuerdo a las caracteristicas y condiciones de los productores y productoras. El presente estudio se realizó con el objetivo de identificar los factores claves agro socioeconómicos que afectan un adecuado manejo integral de las fincas en la comunidad El Quinal, Santa Teresa, Carazo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El departamento de Carazo se localiza en la región del pacífico sur de Nicaragua, tiene una superficie de 1081.40 km² que equivale al 0.8 % del territorio nacional. Limita al Norte con los departamentos de Managua y Masaya, al Sur con el Océano Pacífico, al Este con los departamentos de Granada y Rivas y al Oeste con el departamento de Managua. Administrativamente está conformado por ocho municipios (San Marcos, Diriamba, Dolores, Jinotepe, El Rosario, La Paz de Carazo, Santa Teresa y La Conquista) siendo Jinotepe la cabecera departamental, ubicada a 46 km de Managua, capital de Nicaragua.

Este trabajo de investigación que se realizó en el municipio de Santa Teresa, en el suroeste de Nicaragua, a 53 km de la Managua sobre la Carretera Panamericana; con coordenadas geográficas entre 11°30' y 11°49' de latitud Norte, y entre 85°05' y 85°11' de longitud Oeste; tiene una extensión de 214 km$^2$ (Alcaldía de Santa Teresa, 2011).

El clima del municipio se define como semihúmedo (Sabana tropical), debido a que su temperatura varía entre los 26 °C y 27 °C. La precipitación pluvial media es de 1 400 mm, caracterizándose por una buena distribución de las lluvias durante todo el año.

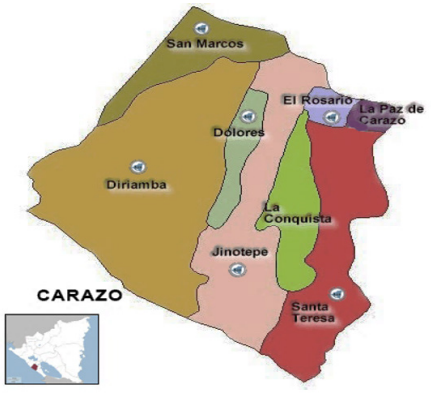



**Figura 1.** Municipios del departamento de Carazo.

Límites de Santa Teresa
• Limita al Norte con los municipios de El Rosario, La Paz de Carazo
• Al Sur con el Océano Pacífico
• Al Este con Nandaime, Belén y Tola
• Al Oeste con Jinotepe y La Conquista

Límites de la comunidad El Quinal
• Norte con la comunidad La Pitilla
• Sur con la comunidad La Poma
• Este con la comunidad Loma de Viento
• Oeste con la comunidad La Solera

**Tipo de estudio y diseño metodológico.** Esta investigación se desarrolló de manera local participativa no experimental, con un diseño metodológico del tipo descriptivo – explicativo. Se realizó en cuatro fases metodológicas: Fase I: organización y revisión de fuentes bibliográficas; Fase II: recolección de datos a través de entrevistas a productores en sus fincas; Fase III: análisis y procesamiento de datos y la Fase IV: Presentación de informe final a los productores y autoridades locales.

**Cuadro 1.** Variables e indicadores en función del objetivo de la investigación

| Objetivo | Variables | Indicadores |
|---|---|---|
| Analizar factores socio económicos y técnicos de sistemas producción de las fincas de la comunidad El Quinal, Santa Teresa, Carazo | Socio económicas | Nivel de escolaridad alcanzada |
| | | Unidad de trabajo humano (UTH) |
| | | Mano de obra familiar y contratada |
| | | Gastos familiares |
| | | Umbral de reproducción simple (URS) |
| | Técnico Productivas | Rendimiento físico de la tierra |
| | | Productividad del trabajo |
| | | Balance general de caja |

**Tipo de muestra y seleción.** El muestreo es del tipo no probabilístico por conveniencia; según Corral *et al*. (2015) es aquel en el que el investigador selecciona individuos que considera accesibles y de rápida investigación. En la comunidad El Quinal existen 60 fincas, de este total se seleccionaron 10 para analizar la realidad situacional considerando factores técnico-económicos, socioeconómico y productivos, con el propósito de identificar los principales problemas y limitantes que obstaculizan el funcionamiento de las unidades de producción; estas fincas se seleccionaron sobre la base de los siguientes criterios:

a. Productores originarios de la comunidad
b. Condiciones económicas diversas para una visión real de los productores del municipio
c. Finca con al menos tres subsistemas (cultivos, pecuario y forestal)
d. Disponibilidad de los productores o productoras en brindar la información

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variables socio económicas

**Niveles de escolaridad.** En la Figura 2 se describen los porcentajes de nivel de escolaridad de las familias productoras; se evidencia que el mayor porcentaje de productores lograron obtener el nivel de primaria y que un porcentaje importante de ellos corresponden a la categoría de iletrados (23 %).

Según el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE, 2008) este nivel de iletrados supera la cifra a nivel municipal (16 %) en el sector rural.

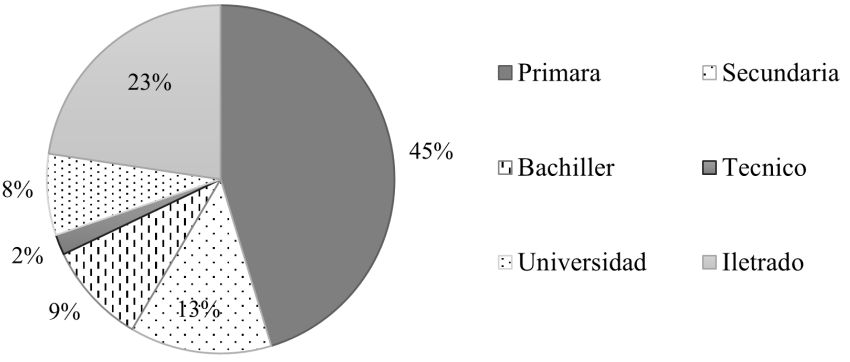



**Figura 2.** Porcentaje de escolaridad de las familias de productores.

El nivel bajo de escolaridad se debe entre otros aspectos, al desinterés de los jóvenes en participar en actividades académicas, así como las distancias largas entre los hogares y los centros escolares. El nivel bajo de escolaridad es un factor que limita la economía familiar. Otro factor es que las familias requieren de mano de obra familiar (niños y jóvenes) en los procesos de producción.

**Unidades de trabajo humano (UTH).** Según a una Unidad de Trabajo Humano (UTH) "es una norma definida para comparar la productividad del trabajo de varios sistemas de producción" (p. 144), también plantea que "La UTH es una norma que permite evaluar la mano de obra disponible en la familia para el trabajo agropecuario y para el trabajo doméstico (trabajo reproductivo) considerado como parte integrante de la actividad familiar" (p. 145).

En la Figura 3 se observan los datos por finca, el promedio de unidades de trabajo humano y el área destinada en la producción agropecuaria, esto permite una visión de la disponibilidad de mano de obra familiar por cada unidad productiva. Las diez fincas poseen un rango entre 2 UTH y 7 UTH, presentando un promedio disponible de mano de obra de 3.27 UTH.

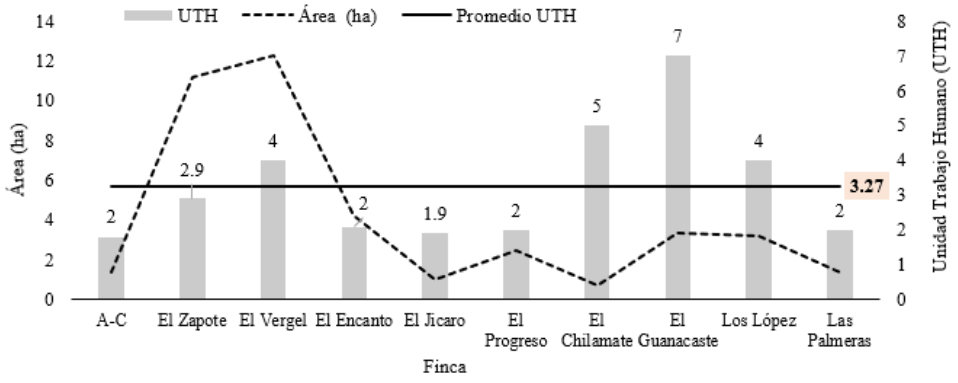



**Figura 3.** Valores de unidad de trabajo humano (UTH) por sistema de producción.

Si se compara el área agropecuaria con la disponibilidad de mano de obra, el comportamiento no es proporcional, es decir, los que tienen mayor área de tierras, no necesariamente poseen mayor disponibilidad de mano de obra (Unidad de trabajo humano), factor que influye en la productividad del trabajo y en los costos de producción, principalmente en los pequeños productores.

**Mano de obra familiar y contratada**

**Relación de oferta de mano de obra familiar y días hombres familiares y contratados.** En la Figura 4 se indica la relación que existe en las unidades productivas de los días hombres familiares (dhf) invertido durante el proceso de producción con los días hombres contratados (dhc) y la oferta de mano de obra familiar (OMOF) disponible en el mes.

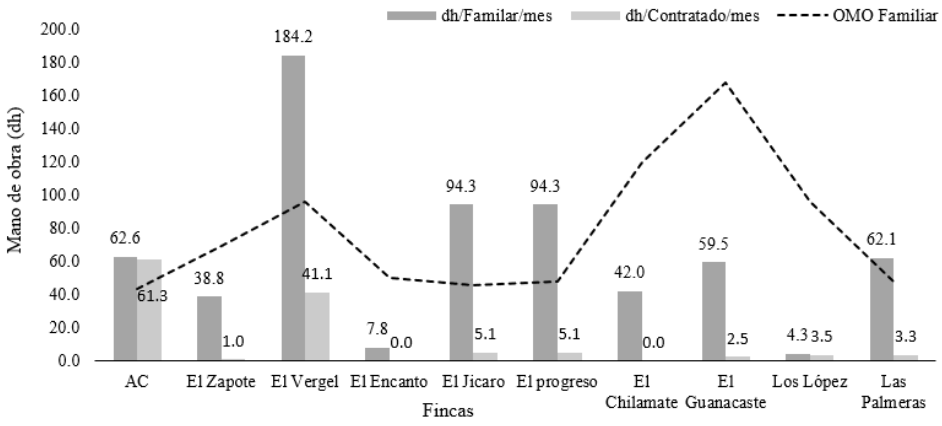



**Figura 4.** Relacion de oferta de mano de obra familiar, días hombre familiar y contratados.

Con estos resultados se determina que hay más trabajo invertido en días hombres familiares en comparación de los días hombres contratados, esto ayuda a reducir los costos de producción. Cada unidad productiva tiene un techo de mano de obra disponible en el mes [oferta de mano de obra familiar (OMOF)], que se calcula por el número de UTH x días a la semana trabajada por semana por mes. Para este caso el 50 % de las familias productoras no aprovechan su disponibilidad de mano de obra como es el caso de las fincas El Zapote, El Encanto, El Chilamate, El Guanacaste y Los López.

**Gastos familiares.** El análisis de los gastos en la unidad productiva es de importancia para la toma de decisiones que permite la racionalidad del productor para priorizar los gastos más importantes para la familia. Para este análisis se consideró el componente de gasto anuales calculados dólares americanos para los componentes de salud, vivienda, educación, transporte y alimentación (Cuadro 2).

Según Martínez *et al.* (2008), "Totalizando los ingresos agrícolas y los otros ingresos, y deduciéndoles todos los gastos, tanto lo productivos como los familiares, se

sabe en realidad de cuánto es la ganancia y se puede pensar en qué se va a invertir". (p.43).

**Cuadro 2.** Gastos familiares en dólares americanos según finca productiva

| Fincas | Salud | Vivienda | Educación | Transporte | Alimentación | Total (USD) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AC | 127 | 2 500 | 3 917 | 1 200 | 9 118 | 16 861 |
| El Zapote | 4 500 | 4 880 | 1 211 | 0 | 6 534 | 17 125 |
| El Vergel | 699 | 790 | 0 | 15 | 31 347 | 32 851 |
| El Encanto | 1 600 | 13 500 | 5 200 | 3 168 | 2 444 | 25 912 |
| El Jicaro | 500 | 4 400 | 7 300 | 0 | 3 380 | 15 580 |
| El Progreso | 5 300 | 7 350 | 0 | 216 | 3 635 | 16 501 |
| El Chilamate | 0 | 140 | 0 | 0 | 2 483 | 2 623 |
| El Guanacaste | 6 100 | 5 960 | 10 125 | 0 | 3 300 | 25 485 |
| Los López | 70 | 542 | 144 | 0 | 2 978 | 3 734 |
| Las Palmeras | 700 | 167 | 0 | 0 | 2 337 | 3 204 |
| Suma total | 19 595 | 40 229 | 27 896 | 4 599 | 67 555 | 159 874 |
| Promedio | 1 959.53 | 4 022.86 | 2 789.61 | 459.93 | 6 755.48 | 15 987.41 |
| Porcentaje | 12 | 25 | 17 | 3 | 42 | 100 |

En la Figura 5 se observa de manera simplificada los valores porcentuales de los gastos familiares, siendo el componente de alimentación el que representa mayores gatos a las familias, seguido por el componente vivienda, relacionados a pago de agua, luz, telefonía celular y reparación de infraestructura.

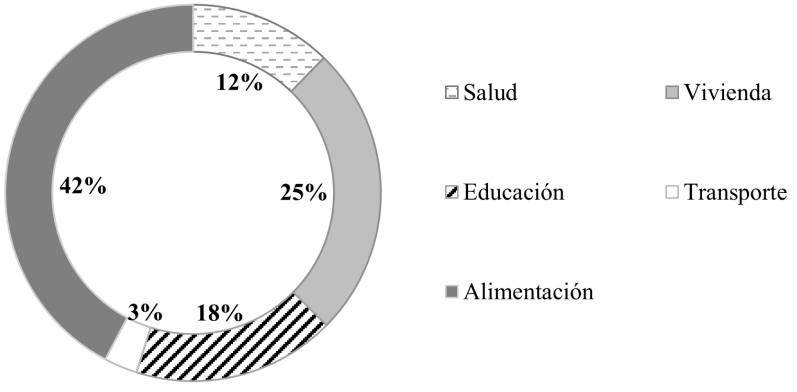



**Figura 5.** Distribución porcentual de gasto familiares.

**Umbral de reproducción simple (URS).** Cuando la unidad de producción puede satisfacer las necesidades de la familia y reponer los medios de producción se considera que el sistema de producción se encuentra en reproducción simple (fuera de la línea de la pobreza), sin embargo, este nivel no le permite invertir para capitalizarse (Apollin y Eberhart, 1999); este mismo autor propone para el cálculo del URS la siguiente ecuación:

$$URS = \frac{(2\ CBR \times tasa\ de\ cambio \times 12\ meses) \times (N°\ de\ miembros\ de\ la\ familia)}{Constante\ 6}$$

Donde:
URS: umbral de reproducción simple
CBR: Canasta básica rural
Tasa de cambio: Conversion del valor del dólar americano a cordobas oro
N° de miembros de la familia: Cantidad de personas del nucleo familiar de la unidad productiva
Constante 6: es la constante de seis persona por familia promedio en Nicaragua

En la Figura 6 se presentan los resultados del URS y del indicador económico Margen Bruto (MB) de las 10 fincas. A nivel general se interpretan los niveles de pobreza de las familias productoras, es decir, que los resultados expresan que existe un 70 % de las familias que se encuentra en condiciones de subsistencia o extrema pobreza y que no logran acumular los ingresos productivos en el año para alcanzar el URS, sin embargo hay un 10 % que si alcanzan la condición de reproducción simple, o sea, cubren los gastos de alimentación, costos de producción, educación y reposición de los medios de producción; el resto (20 %) se sitúan en reproducción ampliada, lo que significa que logran cubrir todos sus gastos y además, se capitalizan llegando a un mejor bienestar. que logran cubrir todos sus gastos y además, se capitalizan llegando a un mejor bienestar.

Apollin y Eberhart (1999) plantea que cuando los ingresos divididos entre la Unidad de Trabajo Humano superan al umbral de reposición, significa que la productividad del trabajo es suficiente para cubrir las necesidades de la familia y queda un excedente que permite ampliar su capacidad de producción (reproducción ampliada). También menciona que al no alcanzar la reproducción simple, la familia disminuye su nivel de vida, afectando "la calidad de la alimentación, salud, nivel de educación de los niños, etc" (p. 195) y que esto podría "generar la obligación de vender fuerza de trabajo, para conseguir los tan necesarios ingresos monetarios complementarios, e impedir la renovación de herramientas y equipos" (p. 195)

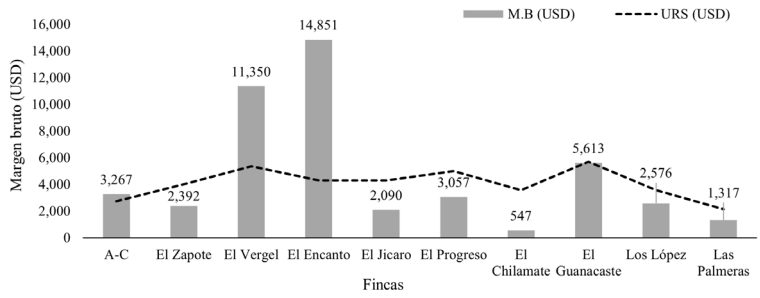



**Figura 6.** Comparación de indicador margen bruto y umbral de reproducción simple por finca.

**Variables técnico productivas**

**Rendimiento físico de la tierra.** El rendimiento se refiere a unidades físicas por unidad de superficie.

Marín (2002) explica que:

> "el rendimiento se considera como un estimador de la eficiencia del uso de la tierra, bajo la premisa de que en la medida que las técnicas empleadas, los genotipos utilizados y las condiciones del medio sean más favorables, se obtendrán mayores cosechas. La producción en cambio implica tanto el rendimiento como la superficie cosechada" (parr. 8)

En la Figura 7 se presentan los valores de rendimiento de los cultivos de granos básicos de maíz, frijol y sorgo, expresado en kilogramos por hectárea (kg ha$^{-1}$), resultado que compara los rendimientos a nivel de la finca, rendimiento promedio a nivel local y rendimiento promedio a nivel nacional.

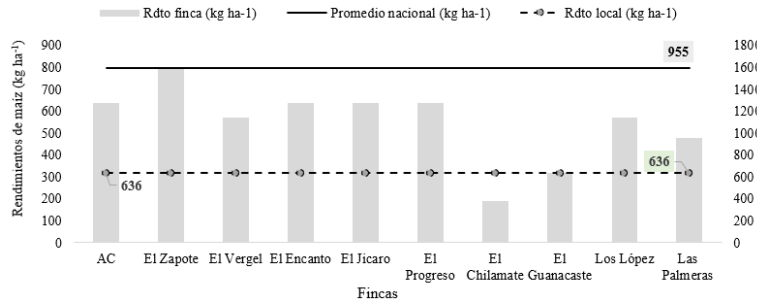



**Figura 7.** Relación del rendimiento (kg ha$^{-1}$) del cultivo de maíz por finca, promedio local y promedio nacional.

En relación con el cultivo del maíz (*Zea mays* L.), este supera el rendimiento local en un 90 % (nueve de las 10 finca) y solo una finca (10 %) se ubica por debajo del rendimiento promedio local, sin embargo, al compararlos con el promedio nacional, los rendimientos son menores. Estos resultados evidencian el nivel de atención técnica que requiere el cultivo de maíz para mejorar o igualar los datos de producción promedio a nivel nacional.

El cultivo de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) presenta mejores resultados en comparación al cultivo de maíz; en la Figura 8 se presentan los rendimientos por finca respecto al promedio local y nacional. Se observa que el 80 % (ocho fincas) no logran alcanzar el rendimiento promedio nacional, y que el 20 % (dos fincas) presentan rendimientos por debajo del promedio local.

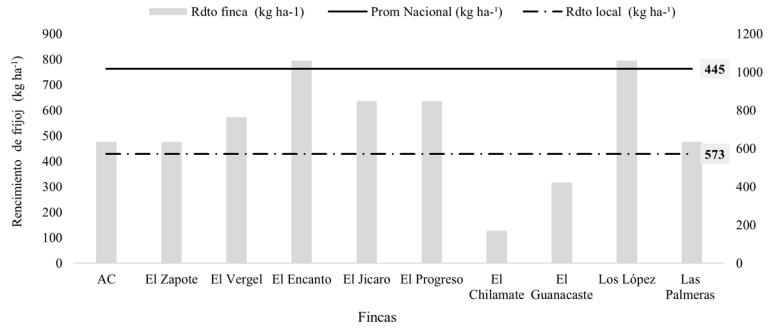



**Figura 8.** Relación del rendimiento (kg ha$^{-1}$) del cultivo de fríjol por finca en relación al promedio local y nacional.

En relación al cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L.), en la comunidad El Quinal, solamente cinco de las 10 fincas cultivan sorgo, de estas el 50 % no logran superar los rendimientos a nivel local y el 100 % producen por debajo del promedio nacional (Figura 9).

**Productividad del trabajo.** La productividad del trabajo es definida por Apollin y Eberhart (1999) como un indicador que sirve para cuantificar el trabajo de la familia productora, además señala que la cuantificación del trabajo es de interés a varios niveles:

> "identificar los picos de trabajo (los períodos críticos) y los momentos de desempleo. Permiten entender, por ejemplo, por qué el productor optó por determinada técnica o por determinada producción, aunque le proporcione un ingreso menor que otro". (p. 144).

> "Para comparar, la productividad del trabajo en la finca con lo que se puede ganar, fuera de la explotación. Puede explicar por qué la familia campesina vende o no su fuerza de trabajo en ciertos períodos del año" (p. 144)

> "Para comparar la productividad del trabajo entre diversas actividades productivas, al interior de la finca. Puede explicar las estrategias productivas del campesino" (p. 144)

"Para comparar la productividad del trabajo de varios sistemas de producción y evaluar sus niveles de reproducción" (p. 144)

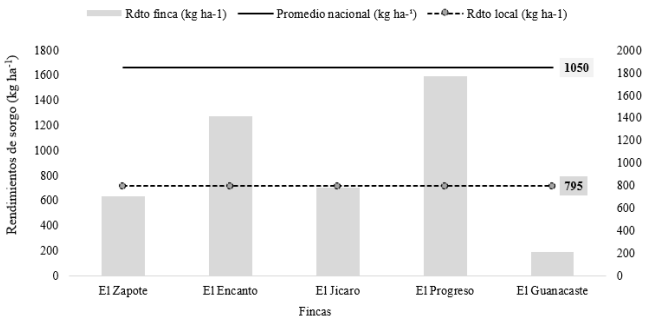



**Figura 9.** Relación del rendimiento (kg ha$^{-1}$) del cultivo de sorgo por finca en relación al promedio local y nacional.

La productividad del trabajo para cada unidad productiva para los cultivos de fríjol y maíz se determinaron sobre la base de los valores de unidades físicas producidas por cada día hombre (UF/dh) convertidos en unidades monetarias de dólares americanos por día hombre para cada rubro (USD/dh).

En las Figuras 10 y 11 se observa igual comportamiento para los cultivos de fríjol y maíz, sin embargo, se analizan los resultados de acuerdo con el número de finca por cultivo y se confirma, que el cultivo del frijol presenta mayor productividad del trabajo, ya que ocho de las 10 fincas obtienen mayor remuneración económica por cada día hombre invertido en el proceso de producción.

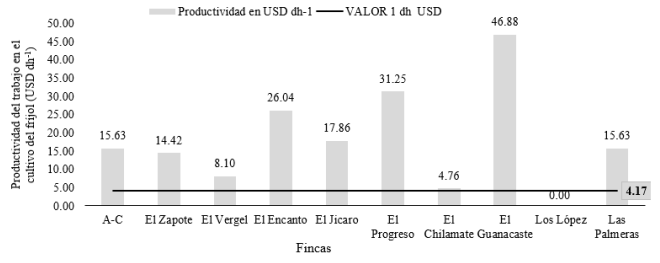



**Figura 10.** Comparación de la productividad del trabajo (USD dh$^{-1}$) y valor de un día hombre en la producción del cultivo del fríjol.

En la Figura 11 se observan que seis de las 10 fincas superan el valor de pago de un día hombre en comparación con la producción obtenida por cada día de trabajo.

Prado y Zelaya (2018) señalan que "la relación entre la cantidad de producción obtenida y el tiempo de trabajo gastado, cuando se produce más producción por unidad de trabajo gastado o menos gastos de trabajo por unidad de producción, conduce al crecimiento de la productividad del trabajo" (p. 25)

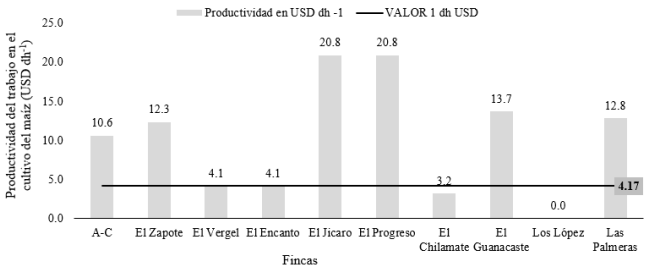



**Figura 11.** Comparacion productividad del trabajo (USD dh-1) y valor de un día hombre en la producción del cultivo del maíz.

**Balance general de caja**. Para el análisis del flujo de caja de una finca, se considera el balance entre los ingresos y egresos en diferentes momentos del año. Es importante conocer la lógica del manejo del dinero en el tiempo, e identificar déficits económicos por mes en el año.

El procedimiento del cálculo del balance general de caja es igual a:

Balance = ∑ ingresos - ∑ egresos

Donde:

∑ Ingresos: es la suma de todos los ingresos agropecuarios conocidos como el indicador producto bruto, más los ingresos no agropecuarios de aquellas actividades económicas no agropecuarias que tienen las familias, que acumula los ingresos por remesas, oficio y negocios.

∑ Egresos: es la suma de todos los gasto o egresos realizados en el proceso de producción conocido como costos variables, además, los gastos generados en el hogar como alimentación, educación, vivienda, transporte y salud.

En la Figura 12 se observa el comportamiento anual del balance de caja por finca expresado en dólares americanos, resultando una situación compleja en lo que respecta a la disponibilidad de capital monetario y solvencia económica por familia productora, indicando que siete de las 10 fincas presentan saldos negativos al final del año y solo tres resultan con cierta disponibilidad de dinero, permitiendo cubrir necesidades del hogar e iniciar un nuevo ciclo de producción.

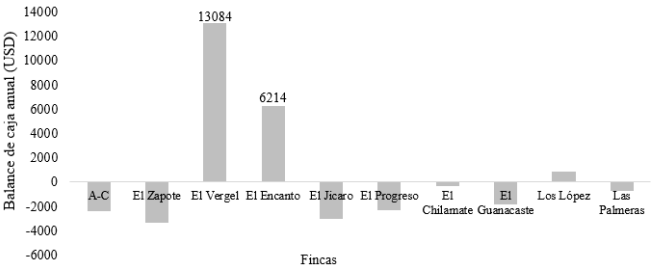



**Figura 12.** Balance de caja anual (USD) por finca considerando los ingresos y los egresos.

Estos resultados tienen estrecha relación con el indicador umbral de reproducción simple (URS), que identifica a siete de las 10 fincas (familias productoras) en condiciones de extrema pobreza o subsistencia. El umbral de reproducción (UR) se refiere al nivel de productividad del trabajo familiar a partir del cual es posible la satisfacción de las necesidades de la familia y la reposición de las fuerzas productivas. Cuando el ingreso productivo es igual al URS, la unidad de producción puede satisfacer las necesidades de la familia y reponer los costos variables, pero no puede invertir más para crecer.

## CONCLUSIONES

La mayoría de los productores presentan un nivel de educación primaria, factor que limita la gestión y toma de decisión; además sus sistemas productivos presentan unidades de trabajo humano inversamente proporcional al área de producción.

El cincuenta por ciento de las familias productoras no hacen uso pleno de la oferta de mano de obra familiar y la mayoría de ellas, priorizan los gastos del hogar en el componente de alimentación y vivienda.

De acuerdo con los ingresos productivos, según el umbral de reproducción simple, la mayoría de las familias productoras se encuentran en niveles de pobreza de subsistencia, siendo el rubro frijol, el que presenta mayor eficiencia productiva por trabajo.

La mayoría de las familias no obtienen resultados económicos positivos al final del año (balance de caja anual), lo que limita el proceso de reproducción simple del sistema de producción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía de Santa Teresa. (2011). Plan municipal de ordenamiento y desarrollo territorial de Santa Teresa 2011 2020. https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENE11P699.pdf

Apollin, F. y Eberhart, C. (1999). Análisis y diagnóstico de los sistemas de producción en el medio rural: Guía metodológica. https://www.avsf.org/public/posts/549/analisis-y-diagnostico-de-los-sistemas-de-produccion-en-el-medio-rural-guia-metodologica.pdf

Corral, Y., Corral, I. y Corral, A. (2015). Procedimiento de muestreo. Universidad de Carabobo. http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/46/art13.pdf

Instituto Nacional de Información de Desarrollo (2008). Santa Teresa en cifras. https://www.inide.gob.ni/docu/censos2005/CifrasMun/Carazo/SANTA%20TERESA.pdf

Marín, C. D. (2002) Rendimiento y producción agrícola vegetal: un análisis del entorno mundial (1997-1999) y de Venezuela (1988 – 2001). Agroalimentaria, 7(15), 49-73. http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/agroal/v15/articulo5.pdf

Martínez, C. J., Martínez, F., Matamoros, E. y Rocha V., A. (2008). 5 pasos y 12 herramientas para planificar la finca. https://dokumen.tips/documents/5-pasos-y-12-herramientas-para-planificar-la-finca.html?page=6

Prado Meléndez, L. M. y Zelaya Pérez, H. A. (2018). Acciones socio-económicas y productivas a desarrollar en finca La Esperanza, municipio Villanueva departamento de Chinandega en el periodo del 2014 al 2018 [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. https://repositorio.una.edu.ni/3729/1/tne90p896.pdf

LA CALERA Revista Científica
Vol. 23 N° 41, p 147 – 153 / diciembre 2023
ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni



# Uso de TIC en el proceso de aprendizaje de la asignatura educación para aprender, emprender y prosperar en undécimo grado del Instituto Nacional de Camoapa Dr. Manuel Salvador Guadamuz, julio – septiembre 2021

# Use of ICT in the learning process of the subject Education to learn, undertake and prosper in the eleventh grade of the National Institute of Camoapa Dr. Manuel Salvador Guadamuz, July - September 2021

**David Ernesto Peñalba Berríos[1], Nesley Jhosep Espinoza González[2], Elieth Auxiliadora Castro Méndez[3]**
[1] MSc. en Entornos Virtuales de Aprendizaje. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9879-3226 / david.penalba@ci.una.edu.ni
[2] Graduada de la Carrera de Licenciatura en Computación, https://orcid.org/0009-0008-6636-0080 / nesleygonzalez7@gmail.com
[3] Graduada de la Carrera de Licenciatura en Computación, https://orcid.org/0009-0001-7105-3033 / castro.elieth17@est.una.edu.ni
Sede Universitaria UNA Camoapa, Universidad Nacional Agraria

## RESUMEN

La incorporación de las Tecnologías de Información y Comunicación en la educación tiene como función ser un canal de comunicación e intercambio de conocimientos y experiencias; son instrumentos para procesar información, gestión de conocimiento, fuentes de recursos, medio lúdico y desarrollo cognitivo. El uso de la tecnología permite ponernos en contacto con los estudiantes, facilita la realización de tareas, contribuye a mejorar el aprendizaje, convierten al estudiante en protagonista de su propio aprendizaje. Esta investigación tiene como objetivo evaluar el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación en el proceso de aprendizaje de la asignatura educación para aprender, emprender y prosperar en undécimo grado del Instituto Nacional de Camoapa Dr. Manuel Salvador Guadamuz en período de julio a septiembre del 2021. Se utilizó una metodología descriptiva, no experimental y enfoque mixto, utilizando tres técnicas para recolección de información: entrevista semiestructurada, encuesta en línea y observación directa, para identificar las herramientas tecnológicas, el uso de éstas y las estrategias metodológicas que se implementan durante el desarrollo de la asignatura. Como principales resultados obtuvimos que las Tecnologías de Información y Comunicación son una herramienta pedagógica de gran importancia en el proceso de aprendizaje, que el Instituto Nacional de Camoapa está dotado de las herramientas tecnológicas básicas, pero el docente a cargo de la asignatura requiere fortalecer sus conocimientos, poner en práctica

## ABSTRACT

The incorporation of Information and Communication Technologies in education has the function of being a channel of communication and exchange of knowledge and experiences; They are instruments for processing information, knowledge management, sources of resources, play environment and cognitive development. The use of technology allows us to get in touch with students, facilitates the completion of tasks, contributes to improving learning, and makes the student the protagonist of their own learning. This research aims to evaluate the use of Information and Communication Technologies in the learning process of the subject Education to learn, undertake and prosper in the eleventh grade of the National Institute of Camoapa Dr. Manuel Salvador Guadamuz between July-September 2021, with a descriptive methodology, non-experimental and mixed approach, using three techniques for data collection: semi-structured interview, online survey and direct observation; to identify the technological tools, the use of these and the methodological strategies that are implemented during the development of the subject. As main results we obtained that Information and Communication Technologies are a pedagogical tool of great importance in the learning process, that the National Institute of Camoapa is equipped with the basic technological tools, but the teacher in charge of the subject needs to strengthen their knowledge, put into practice innovation and creativity to implement Information and Communication Technologies, given that students

*Recibido: 11 de mayo del 2023*
*Aceptado: 27 de septiembre 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).

la innovación y la creatividad para implementar las Tecnologías de Información y Comunicación, dado que los estudiantes, tienen mayor dominio, se encuentran motivados y se apropian con facilidad a las nuevas tecnologías. También se registró que el docente a la hora de impartir la asignatura hace uso exclusivo de la estrategia metodológica basada en el trabajo colaborativo, guiando a los estudiantes a realizar tareas o trabajos mediante la interacción entre los miembros de un mismo grupo.
***Palabras clave***: herramientas tecnológicas, educación, aprendizaje significativo, evaluación.

have greater mastery, are motivated and easily appropriate new technologies. In turn, it was found that the teacher when teaching the subject makes exclusive use of the methodological strategy based on collaborative work, guiding students to carry out tasks or work through interaction between members of the same group.
***Keywords:*** Technological tools, education, meaningful learning, evaluation.

La utilización de las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la educación es una práctica que se afianza en muchos centros educativos de América Latina, que asociada a la conectividad permite mejorar el alcance y aumentar los beneficios a los estudiantes.

Las TIC están cambiando tanto la forma de enseñar como la forma de aprender, los estudiantes tienen que formarse para usar y producir con los nuevos medios, mientras el docente tendrá que cambiar sus estrategias de comunicación y asumir su función de facilitador del aprendizaje en entornos cooperativos para ayudarlos a planificar y alcanzar los objetivos (Rodríguez, 2009, párr.2)

Las herramientas tecnológicas son programas o aplicaciones que nos ofrecen diversidad de recursos de apoyo a la enseñanza, permiten tener acceso a la información, y están a disposición de todas las personas, en la mayoría de los casos, de manera gratuita. El uso y aplicación que se le da a estas herramientas va a depender de las necesidades, características y creatividad.

Para la mayoría de docente y estudiantes, el uso de herramientas TIC ofrece un aprendizaje más interactivo, motivador, desarrolla habilidades para la investigación, la innovación y el emprendimiento, de igual manera que socializa la información y el conocimiento. La manera de interactuar de los docentes, en correspondencia con la implementación, logra mejores y mayores aprendizajes.

De acuerdo con el Ministerio de Educación (MINED) de Nicaragua, durante el 2016 se instalaron 50 aulas digitales móviles en 31 centros educativos de 14 departamentos. Esta medida sirvió para beneficiar a 57.643 alumnos que asisten a escuelas secundarias del país. Además, se desplegaron noventa y cuatro laboratorios de computación equipando a centros educativos de los departamentos de Carazo, Granada, Managua, Masaya, Rivas y León que albergan un total de 117 330 estudiantes (Tórrez, 2020, p. 3)

Por otra parte, el MINED ha incorporado las TIC en los diferentes centros educativos mediante cursos y capacitaciones a docentes y estudiantes, estos estuvieron centrados en el buen uso de las redes sociales, así como la motivación a la innovación educativa desde las aulas de clases a través del uso de las tecnologías.

El programa Educativo Aprender, Emprender, Prosperar, nace como una iniciativa del Buen Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional, para fortalecer en niños, jóvenes y adultos, los conocimientos, habilidades, actitudes, aptitudes emprendedoras, que permitan continuar avanzando en la calidad de la educación (MINED, 2018, párr.8)

El objetivo del Programa Educativo Nacional consistió en crear las condiciones para transformar las prácticas educativas, a fin de mejorar las oportunidades de aprendizaje de niñas, niños, adolescentes, jóvenes y adultos, con una educación orientada a aprender, emprender, prosperar, para ejercer una ciudadanía responsable y de rápida adaptación a los cambios en su entorno. Así mismo, desarrollar sus capacidades, valores, actitudes y habilidades para aprender y emprender de manera eficaz, haciendo uso de las TIC que facilite insertarse en un mundo en constante cambio (Ministerio de Educación, 2020, p. 3).

El Programa implementa los fundamentos del emprendimiento desde primer grado de primaria hasta undécimo grado de secundaria regular, desde la perspectiva de formar seres emprendedores para la vida y contribuir a su desarrollo integral, tiene como base la construcción de aprendizajes organizado en competencias educativas emprendedoras a partir de las cuales cada subsistema define el nivel de desarrollo de dicha competencia específica. (Ministerio de Educación, 2020, p. 4)

La presente investigación, busca evaluar el uso de las TIC en el proceso de aprendizaje de la asignatura educación para aprender, emprender y prosperar en undécimo grado del Instituto Nacional de Camoapa, para proponer estrategias metodológicas retomadas del Compendio de Estrategias Didácticas para docentes de Educación Secundaria que pueden ser implementadas mediante las TIC, para favorecer el aprendizaje significativo en dicha asignatura.

ISSN 1998 – 7846
http://lacalera.una.edu.ni



## METODOLOGÍA

La investigación fue realizada en el Instituto Nacional Dr. Manuel Salvador Guadamuz ubicado en la ciudad de Camoapa, departamento de Boaco. Camoapa está ubicada a 115 km de Managua, capital de Nicaragua, con una extensión territorial de 1 483.29 km², limita al Norte con los municipios de Boaco, Matiguas y Paiwas, al Sur con Cuapa y Comalapa, al Este con los municipios de El ayote y La Libertad, y al Oeste con los municipios de San Lorenzo y Boaco (González y Olivas, 2020, p.11).

De acuerdo con Mendoza (2013), el Instituto Nacional de Camoapa fue fundado el 17 de agosto de 1962, en casa del señor Sergio Díaz Arauz, esquina Noroeste del Parque Municipal, por un grupo de profesionales interesados por el desarrollo educativo del municipio. Desde su fundación ha tenido varios nombres, durante la primer fase de la revolución se llamó Instituto Ernesto Che Guevara; está ubicado en la Salida a Managua, 1 cuadra al Sur, ciudad de Camoapa.

Actualmente en el municipio funcionan tres centros educativos que ofrecen educación en los tres niveles: preescolar, primaria y secundaria; solo uno de estos es público, que es el Instituto Nacional Manuel Salvador Guadamuz. También funcionan otros tres centros que ofrecen educación preescolar y primaria; dos de estos son públicos.

Según información obtenida en la dirección del centro, la matrícula actual es de 1 487 estudiantes, distribuidos de la siguiente manera: 844 estudiantes en el turno diurno atendiendo la modalidad de preescolar y secundaria, en el turno sabatino funciona la modalidad de jóvenes y adultos con 643 estudiantes.

La investigación es descriptiva, no experimental, con enfoque mixto en el cual se utilizaron tres técnicas para la recolección de información: la entrevista semiestructurada se aplicó al único docente que imparte la asignatura objeto de la investigación, consta de siete preguntas abiertas. La encuesta se aplicó a la muestra de la población mediante el uso de la herramienta tecnológica Google Forms que consistió en nueve preguntas de selección múltiple. Para el cumplimiento de los objetivos se aplicó la técnica de observación directa, visitando las aulas de clase en cuatro momentos durante los meses de julio y agosto, lo que permitió identificar las herramientas tecnológicas utilizadas, las fortalezas y debilidades que presentan docente y estudiantes; así como las estrategias metodológicas implementadas.

El Instituto Nacional de Camoapa cuenta con una población estudiantil en undécimo grado de educación secundaria regular de 160 estudiantes, distribuidos en cuatro secciones, en los turnos matutino y vespertino. Para determinar el tamaño de la muestra, se usó la fórmula propuesta por Spiegel y Stephens (2009), obteniendo un tamaño muestral de 114 estudiantes.

Las variables permitieron evaluar el uso de herramientas tecnológicas por parte del docente y estudiantes durante el proceso de aprendizaje de la asignatura educación para aprender, emprender y prosperar en undécimo grado del Instituto Nacional de Camoapa. Las variables fueron: herramientas tecnológicas, uso de herramientas TIC y estrategias metodológicas.

Una vez aplicada la entrevista al docente, llenado de encuestas en línea por los estudiantes y realizadas las visitas al aula de clase, se elaboró base de datos. Los datos recolectados fueron ordenados, clasificados y analizados a través de estadística descriptiva utilizando el programa IBM SPSS Statistics versión 25, que permite representarlos mediante distribuciones de frecuencias; se utilizó una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2019 para elaborar los gráficos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Instituto Nacional de Camoapa cuenta con un aula dotada con herramientas tecnológicas básicas: 40 tabletas, data show, lápiz interactivo, computadoras, acceso a internet y Wifi; las que permiten con calidad la inclusión de las TIC en las clases. Incluir la tecnología en el proceso educativo significa que nos estamos adaptando e insertando en una época tecnológica donde el aprendizaje es totalmente diferente para nuestros estudiantes, y eso permite que la enseñanza sea mucho más práctica y enriquecedora.

Según Figura 1, el 53.4 % de los estudiantes encuestados indican que la herramienta tecnológica de la que más hacen uso son los móviles inteligentes y tabletas, lo cual demanda en un 37.9 % el uso del internet. Como las TIC son un conjunto de tecnologías que se encuentran en continua evolución y facilitan el acceso, reproducción de información y comunicación; con la aparición del internet y de las conexiones en redes se ha multiplicado exponencialmente su uso.

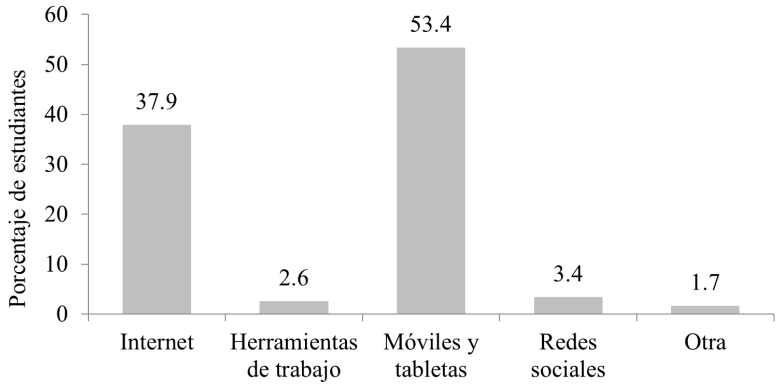



**Figura 1.** Tipo de herramienta utilizada con más frecuencia.

El Aula TIC es donde el 56 % de los estudiantes se conectan a internet para cumplir con las actividades académicas orientadas, como búsqueda de información. Pero también un 39.7 % refiere conectarse desde su casa para cumplir con las actividades asignadas.

Durante las visitas a las aulas de clase, se logró identificar que el docente y los estudiantes disponen de herramientas tecnológicas básicas: acceso a internet, una tableta por cada estudiante, computadora y data show para proyectar las instrucciones por parte del docente, herramientas de trabajo Microsoft Word, acceso a redes sociales y servidor CAP. Además, los estudiantes podían hacer uso de sus móviles inteligentes gracias a la conectividad inalámbrica facilitada para búsqueda de información y descarga de documentos.

Según el docente entrevistado, los conocimientos adquiridos en el uso de las TIC han sido a través de continuas capacitaciones que brinda el Ministerio de Educación (MINED), principalmente en el uso del paquete Microsoft Office, al igual que en el uso de redes sociales para mantener comunicación e interacción con los estudiantes en este caso WhatsApp. Agrega que una de sus principales debilidades a la hora de vincular las TIC en la asignatura, es el desconocimiento de algunos programas; otra debilidad es en el aspecto tecnológico, pues considera que el servicio de internet es deficiente, presenta caídas a la hora de realizar búsqueda de información. Considera que el rol del docente ha cambiado y es evidente la transformación con la aparición de las TIC, pasamos a ser facilitadores de conocimientos, podemos construir y permitir a los estudiantes proyectarse a una nueva experiencia, haciendo saber las ventajas y desventajas que conlleva el uso de las TIC.

En la Figura 2 se observa que el 75 % de los estudiantes utilizan Microsoft Word, seguido de Microsoft PowerPoint 13.8 % y en menor uso Microsoft Excel 7.8 % y Microsoft Outlook 3.4 %. Microsoft Word ha evolucionado desde hace varios años, con una mejor estrategia y presentación de sus opciones haciéndolo un programa entendible y de fácil manejo. Es el procesador de texto completo que permite a docentes y estudiantes usarlo como una herramienta indispensable de trabajo.

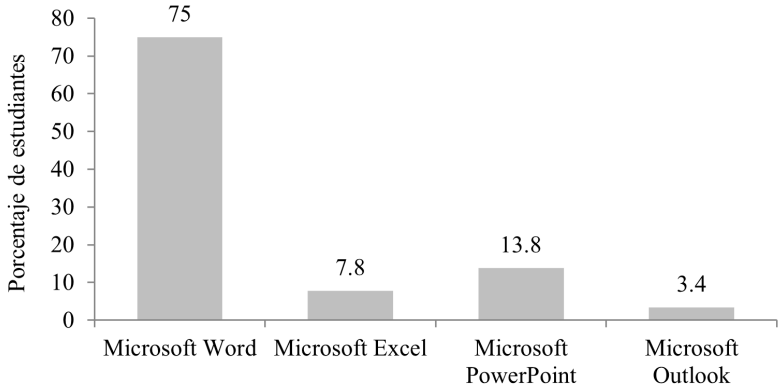



**Figura 2.** Herramienta de trabajo más utilizada.

Para Islas y Carranza (2011), las redes tecnológicas de comunicación se han convertido en una herramienta que permite el aprendizaje colaborativo e involucra espacios de intercambio de información que fomentan la cooperación.

Los resultados de esta investigación indican que el 87.1 % de los estudiantes poseen cuentas en las principales redes sociales: Facebook, Instagram y WhatsApp, las cuales son importantes en el proceso de aprendizaje ya que les permite estar en constante comunicación e informados con el docente y compañeros.

Consultados por la principal fortaleza al utilizar las TIC para el aprendizaje de la asignatura educación para aprender, emprender y prosperar, el mayor porcentaje de los estudiantes respondieron que cuentan con todas las formas para el aprendizaje, obtienen: acceso rápido a la información, estimulación de la creatividad, promueve la innovación e impulsa al emprendimiento (Figura 3). La tecnología forma parte de nuestras vidas. Además, los estudiantes en la actualidad han crecido con internet y los dispositivos conectados a la red, al punto que se les considera como nativos digitales (Colegio San Pablo Monteprincipe, 2018, párr.1).

Sin embargo, al consultar a los estudiantes sobre la incorporación de las TIC en la asignatura, el 23.3 % consideran que éstas estimulan el aislamiento social como principal debilidad para el aprendizaje de la asignatura, seguido de 13.8 % para los problemas de privacidad digital, el 6 % la disociación de la realidad. Por tanto, el 56.9 % de los estudiantes consideran que las tres debilidades ocurren juntas.

Esto último, coincide con lo que señala (Marrero, 2016), al indicar que el uso excesivo del computador o cualquier artefacto tecnológico, conlleva tanto a estudiantes como docentes, a generar escenarios de ansiedad, estrés, cansancio visual y otros problemas físicos. El uso inadecuado de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en los centros educativos puede representar grandes deficiencias educativas, tecnológicas, de comunicación y manejo de información en el proceso de aprendizaje.

Durante las cuatro visitas para observar cómo se desarrolla el proceso de enseñanza aprendizaje, se logró evidenciar la creatividad por parte del docente y el apoyo a los estudiantes; de una clase a otra, el docente está buscando una manera mejor de cómo realizarla para que los estudiantes puedan asimilar, según sus indicadores de logro.

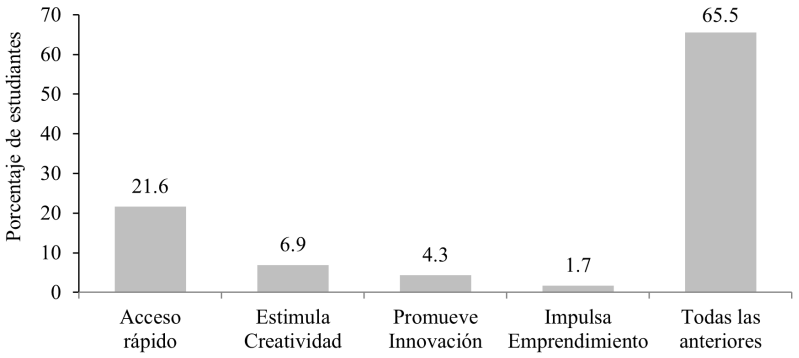



**Figura 3.** Principales fortalezas para el aprendizaje.

la asignatura aprender, emprender y prosperar, son los proyectos colaborativos donde los estudiantes trabajan en equipo, éstos combinados con las videoconferencias 11.2 %, el chat 8.6 % y los foros 5.2 % desarrollan habilidades que estimulan un mejor aprendizaje.

Para González *et al*. (2018), la motivación ayuda a despertar en el estudiante el desarrollo de las ideas emprendedoras, proponiéndose metas y desafíos. Por tanto, conlleva al desarrollo de las capacidades para alcanzar los aprendizajes contribuyendo a lograr su proyecto de vida. La motivación va a depender de las estrategias de aprendizaje que implemente el docente en el aula, en la que promueva los aprendizajes tomando en cuenta las experiencias previas de los estudiantes. (p. 9)

Además, el docente se interesa por usar diversas metodologías para impartir la clase, esto hace que se facilite el aprendizaje a los estudiantes. Sin embargo, una de las debilidades identificadas en el docente, es en cuanto al manejo de los programas básicos de Microsoft Office, aunque en todo momento refiere interés en ser capacitado para superarlas.

Para Flores *et al*. (2015), el docente debe tener un conocimiento básico o si es posible avanzado para poder hacer uso de las TIC en su aula de clase ya que si es un docente innovador se actualizará con las nuevas TIC que se están cada día apoderando de la sociedad y la escuela no es la excepción. Además, debe de saber que la informática no genera por si sola conocimientos o aprendizajes en el estudiante si no que esto depende de los fines educativos y las metodologías didácticas utilizadas por el docente (p. 9).

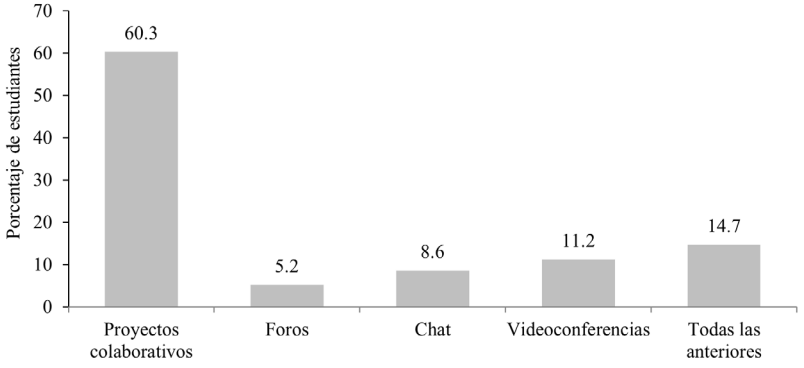



**Figura 4.** Estrategias metodológicas utilizadas.

En relación con los estudiantes, se logró observar que tienen un buen nivel de conocimiento y dominio de las herramientas tecnológicas; interactúan con facilidad con sus compañeros y docentes, principalmente para la comunicación, y en cuanto a la metodología de estudio empleando TIC, han logrado asimilar mejor los conocimientos.

Una de las debilidades observadas en los estudiantes tiene que ver con la conectividad, el servicio de internet inalámbrico es deficiente y en algunos casos los estudiantes no tienen recursos económicos para comprar recarga electrónica.

Según Jiménez (2010) es importante generar un cambio en el uso de las TIC en los procesos pedagógicos de los docentes y de la participación de los estudiantes, quienes pueden entender y manejar de una forma segura y rápida las tecnologías informáticas, pero a la vez tienen la oportunidad fácilmente asequible de hacerla coincidir con sus intereses de formación tecnológica en las aulas de clase (p. 3).

Según la Figura 4, el 60.3 % de los estudiantes, la estrategia metodológica más utilizada por el docente en

Esto coincide totalmente con lo observado durante las cuatro visitas al aula de clase, la estrategia metodológica que el docente aplica con mayor frecuencia en la asignatura educación para aprender, emprender y prosperar son los proyectos colaborativos, también que a través de las TIC interactúan con más facilidad para desarrollar habilidades de innovación. La metodología implementada por el docente es el de trabajar en grupos, esto para desarrollar habilidades y generar conocimiento entre sí.

Según Arguello y Sequeira (2016) las estrategias metodológicas son un conjunto de procedimientos que sirven a los docentes para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje de las TIC. Estas deben seleccionarse y aplicarse de acuerdo con los contenidos y características particulares de los estudiantes de manera estructurada, que permitan el desarrollo de habilidades de comprensión generando aprendizajes significativos (p. 7).

En base a los resultados, se seleccionaron las siguientes estrategias metodológicas que pueden ser aplicadas mediante las TIC, retomadas del Compendio de Estrategias Didácticas para docentes de Educación Secundaria (MINED, 2018).

**Cuadro 1.** Estrategias metodológicas propuestas utilizando herramientas TIC

| Estrategia metodológica | Herramienta tecnológica |
|---|---|
| Elaborar cuadro sinóptico para organizar y clasificar información | https://creately.com/es |
| Visualizar las ideas y planes del trabajo colaborativo mediante mapas mentales | https://www.mindmeister.com/es |
| Diseñar mapas conceptuales para representar gráficamente conceptos y sus relaciones | https://www.canva.com |
| Representar ideas, conceptos y temas significativos a través de mapas cognitivos | https://www.mindmeister.com/es |
| Visualizar las ideas de negocio por medio del árbol de idea | https://creately.com/es/home/ |
| Representar causa – efecto de un problema mediante diagramas | https://www.lucidchart.com/ |
| Promover la comunicación y el aprendizaje mediante foros usando grupos | WhatsApp App y Web |
| Diseñar collage de fotos acordes al emprendimiento seleccionado | https://www.canva.com |
| Construir ideas creativas mediante la programación de historias, juegos y animaciones con Scratch | https://scratch.mit.edu/ |
| Desarrollar el pensamiento creativo y colaborativo en la animación de un paisaje | https://scratch.mit.edu/ |

## CONCLUSIONES

El docente para impartir la asignatura Aprender, Emprender y Prosperar dispone de un aula TIC equipada con 40 tabletas, data show, lápiz interactivo, computadoras y acceso a internet; herramientas tecnológicas que le permiten la inclusión en las clases.

Hace uso principalmente del programa Microsoft Word, lo mismo sucede con los estudiantes. En cambio, en el uso de redes sociales el docente interactúa por WhatsApp, pero los estudiantes usan las tres redes sociales principales.

Para el docente la mayor debilidad es desconocer el uso de otros programas, así como el servicio deficiente del internet. En cambio, para los estudiantes el uso excesivo de la tecnología causa una disociación de la realidad, lo que estimula el aislamiento social y ocasiona problemas de privacidad digital.

El docente al momento de impartir la asignatura educación para aprender, emprender y prosperar (AEP) hace uso de la estrategia metodológica basada en trabajo colaborativo, guiando a los estudiantes a realizar tareas o trabajos mediante la interacción entre los miembros de un mismo grupo.

## RECOMENDACIONES

El docente puede introducir el tema de clase, preparando una presentación de diapositivas, combinado con la proyección de videos cortos de acuerdo con el tema en cuestión, logrando así una clase más dinámica y de interés para los estudiantes desde el primer momento.

Proponer a los estudiantes actividades que se resuelvan mediante el uso de aplicaciones y sitios Web en las que puedan planificar, diseñar y producir sus trabajos, para que el estudiante se transforme de ser consumidores de información a creadores de contenido.

Implementación de videoconferencias para interactuar con los estudiantes por medio de una conversación virtual en WhatsApp, lo que permitirá atender las dificultades que tienen los estudiantes con los trabajos asignados. Esta misma aplicación puede ser utilizada como foros de discusión, para que los estudiantes desarrollen competencias complejas como el pensamiento crítico, la comunicación, colaboración y resolución de problemas.

Implementar el uso de la plataforma Campus MINED (https://campus.mined.edu.ni/), donde los estudiantes interactúen con los recursos digitales planteados por el docente, logrando un aprendizaje activo dentro y fuera del aula de clase.

Utilizar juegos online como forma de asegurar el aprendizaje, la clase con juegos tiene numerosos beneficios en el aprendizaje de cada estuante y hace más divertida la clase en el aula TIC.

ISSN 1998 – 7846
http://lacalera.una.edu.ni



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arguello Urbina, B. L. y Sequeira Guzmán, M. E. (2016). *Estrategias metodológicas que facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Geografía e Historia en la Educación Secundaria Básica*.https://repositorio.unan.edu.ni/1638/1/10564.pdf

Colegio San Pablo Monteprincipe. (2018). *El uso de las TIC en las aulas: beneficios para el aprendizaje*. https://www.colegioceumonteprincipe.es/blog2/el-uso-de-las-tic-en-las-aulas/

Flores Díaz, F. M., Lazo Calderón, Y. X. y Palacios Díaz, M. E. (2015). *Uso de las TIC en el proceso de enseñanza - aprendizaje de las ciencias naturales en sexto grado* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-Managua]. Repositorio Institucional. https://repositorio.unan.edu.ni/2037/1/16434.pdf

González, A. R. y Olivas Saballos, L. del C. (2020). *Diagnóstico de medios de vida con enfoque en SAN de familias que participan en el proyecto Alianza* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. https://repositorio.una.edu.ni/4260/1/tne10g643.pdf

González, C. M., Cano Granados, R. y Maradiaga Moreno, M. (2018). *Guía metodológica aprender, emprender, prosperar: 10mo-11mo grado*. https://campus.mined.edu.ni/pluginfile.php/150314/mod_folder/content/0/GUIA%20AEP%2010-11%20FINAL%20LISTO%2027-04-18%20FINAL%20FINAL%20FINALLL%20DIOS%20NOS%20ACOMPA%C3%91E%21.pdf?forcedownload=

Islas Torres, C. y Carranza Alcántar, M. (2011). *Uso de las redes sociales como estrategias de aprendizaje. ¿Transformación educativa?* https://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura/article/view/198/213

Jiménez, B. (2010). *Formación continua y nuevas tecnologías: una visión didáctico-comunicativa*. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6697227.pdf

Marrero, V. (26 de octubre de 2016). *Fortalezas y debilidades del uso de las TICs en el ámbito universitario*. https://sites.google.com/a/correo.unimet.edu.ve/03marinmarreromazzaeacfgtce03/fortalezas-y-debilidades-del-uso-de-las-tics-en-el-ambito-universitario

Mendoza Bravo, J. A. (2013). *Camoapa... cinco siglos de historia*. Multi Expresiones.

Ministerio de Educación. (21 de agosto de 2018). *MINED realiza taller nacional en la asignatura aprender, emprender y prosperar*. https://www.mined.gob.ni/mined-realiza-taller-nacional-en-la-asignatura-aprender-emprender-prosperar/

Ministerio de Educación. (2020). *Curso de Formación y Actualización permanente a docentes en los encuentros pedagógicos de interaprendizaje (EPI): Educación para aprender, emprender, prosperar y su vinculación con la economía creativa*. https://campus.mined.edu.ni/pluginfile.php/229629/mod_resource/content/1/Modulo%20PEAEP%20%28002%29.pdf

Rodríguez, M. Y. (2009). *Importancia de las TICS en la educación*. http://ticsenlaeducacion-yaneth.blogspot.com/2009/07/la-tecnologia-de-la-informatica-y-la.html

Spiegel, M. R. y Stephens, L. J. (2009). *Estadística* (4 ed.). McGraw-Hill

Tórrez Meza, M. del R. (2020). *Implementación de la aplicación móvil Kahoot!como herramienta de apoyo en la unidad de números naturales de la asignatura Matemáticas de primer grado de la escuela Nellys Beatriz Castillo Centeno en la comunidad La Rica, municipio de San Sebastián de Yalí, en el II semestre del año 2020*. https://repositorio.unan.edu.ni/19397/1/20284%201.pdf

LA CALERA Revista Científica
Vol. 23 N° 41, p 154 – 160 / diciembre 2023
ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni

CIENCIA ANIMAL

# Cetosis subclínica como trastorno metabólico en vacas lecheras durante las etapas productivas de periparto, lactancia temprana y lactancia media

# Subclinical ketosis as a metabolic disorder of dairy cows in peripartum, early lactation, and mid-lactation

**Junior Raxa Chavarría Rivera[1], Fabian García Guerrero[2], Berman Treminio Alcántara[3], Nadir Reyes-Sánchez[4]**
[1] Lic. en Medicina Veterinaria; Universidad Nacional Agraria, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2993-757X / junior.chavarria@ci.una.edu.ni
[2] Lic. en Medicina Veterinaria y Zootecnia; investigador independiente, fabiangarcía141@gmail.com
[3] Lic. en Medicina Veterinaria y Zootecnia; investigador independiente, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2177-3400 / berman.treminio@gmail.com
[4] PhD. en Ciencia Animal, Universidad Nacional Agraria, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5579-9396 / nadir.reyes@ci.una.edu.ni
*Autor de correspondencia:* junior.chavarria@ci.una.edu.ni

## RESUMEN

La cetosis es un desbalance metabólico que disminuye la producción, reduce la fertilidad y predispone a las vacas lecheras a otras enfermedades. Con el objetivo de determinar la frecuencia de aparición de cetosis subclínica se estudiaron 52 vacas lecheras durante tres etapas productivas (13 en periparto, 17 en lactancia temprana y 22 en lactancia media); haciendo uso de tiras colorimétricas (Jorvet URS1k®) se realizaron mediciones de cuerpos cetónicos en orina, considerando negativas las vacas que presentaron una concentración menor a 5 mg de cuerpos cetónicos por decilitro (dl). Los casos positivos se clasificaron en leves (entre 5 mg·dl$^{-1}$ y 50 mg·dl$^{-1}$) y graves (entre 51 mg·dl$^{-1}$ y 150 mg·dl$^{-1)}$, considerando la etapa productiva, condición corporal y número de partos. Se registró una prevalencia de 27 % y se determinó que la lactancia media es la etapa con más casos positivos. Los casos positivos corresponden a cetosis primaria, debido a que, en la etapa postparto e inicio de la lactancia, las vacas presentan un balance energético negativo (BEN), que las vuelve susceptible a desarrollar la enfermedad. La proporción de casos graves fue similar en las etapas de lactancia temprana y lactancia media. El total de casos graves se encontraron en vacas de al menos tres partos con condición

## ABSTRACT

Ketosis is a metabolic imbalance that decreases production, reduces fertility, and predisposes dairy cows to other diseases. With the objective of determining the frequency of occurrence of subclinical ketosis, 52 dairy cows were studied during three productive stages (13 in peripartum, 17 in early lactation and 22 in mid-lactation); Using colorimetric strips (Jorvet URS1k®), measurements of ketone bodies in urine were carried out. Cows that had a concentration of less than 5 mg of ketone bodies per deciliter (dl) were considered negative. The positive cases were classified as mild (between 5 mg·dl$^{-1}$ and 50 mg·dl$^{-1}$) and severe (between 51 mg·dl$^{-1}$ and 150 mg·dl$^{-1}$), considering the productive stage, body condition and number of births. A prevalence of 27% was FOUND and it was determined that mid-lactation is the stage with the most positive cases. Positive cases correspond to primary ketosis, because, in the postpartum stage and beginning of lactation, the cows have a negative energy balance (BEN), which makes them susceptible to developing the disease. The proportion of severe cases was similar in the early and mid-lactation stages. All severe cases were found in cows of at least three calvings with body condition between 3 and 3.7. No clear link was determined between the number of births

*Recibido: 16 de mayo del 2023*
*Aceptado: 30 de noviembre 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).

corporal entre 3 y 3.7. No se determinó una vinculación clara entre el número de partos y los casos leves y graves de cetosis subclínica. La prevalencia de la cetosis subclínica es baja en relación con otras reportadas en la región y está influenciada por factores de riesgo como la etapa productiva (periparto, lactancia temprana y lactancia media), número de partos y condición corporal de los animales, producto de una mayor concentración de cuerpos cetónicos debido al marcado balance energético negativo.
***Palabras clave:*** lechería, cetogénico, lactación, metabolismo energético.

and mild and severe cases of subclinical ketosis. The prevalence of subclinical ketosis is low in relation to others reported in the region and is influenced by risk factors such as the productive stage (peripartum, early lactation and mid-lactation), number of births and body condition of the animals, because of a higher concentration of ketone bodies due to negative energy balance.
***Keywords:*** Dairy, ketogenic, lactation, energy metabolism.

Al final de la gestación, inicio de lactancia y en ocasiones al pico de lactancia, las vacas lecheras enfrentan un balance energético negativo (BEN) asociado a la disminución en la ingesta de materia seca (MS) y el incremento en la demanda energética metabólica por la producción de leche en el postparto (González *et al*., 2009; Cucunubo *et al*., 2013; Ametaj 2014; Strieder *et al*., 2014; Batista *et al*., 2022).

Fiorentin *et al*. (2018) y Batista *et al*. (2022) mencionan que esta etapa de transición, que inicia tres semanas antes del parto y se extiende hasta las primeras tres semanas de lactación, implica los cambios metabólicos más significantes en las vacas en producción, sin embargo, bajo adecuadas formas de manejo el metabolismo de los animales puede superar la transición haciendo uso de sus reservas; pero si el desbalance no puede ser compensado, se desarrolla un desorden metabólico que puede tener carácter clínico o subclínico, siendo estos últimos los más difíciles de diagnosticar.

Los desórdenes metabólicos más comúnmente causados son la cetosis (aumento de cuerpos cetónicos en la sangre) y la lipidosis hepática (hígado graso), seguido de otros como la hipocalcemia, la hipomagnesemia, la acidosis ruminal y la acidosis metabólica (Chapinal *et al*., 2011 como se cita en Fiorentin *et al*., 2018).

La cetosis subclínica se define como el aumento en niveles de cuerpos cetónicos en sangre, leche y orina, en ausencia de signos clínicos o como el aumento de cetonas circulantes con una disminución de la salud o de la productividad (Nielen *et al*., 1994).

Rois (2018) define cetosis como como una alteración en el metabolismo de hidratos de carbono y grasas que ocurre producto del balance energético negativo al inicio de la lactancia; Campos *et al*. (2005) mencionan que la cetosis puede ser clínica o subclínica y afirman que las pérdidas económicas ocasionadas por la cetosis subclínica supera las ocasionadas por la cetosis clínica.

Garzón y Oliver (2018) atribuyen estas pérdidas a que la cetosis ocasiona la disminución de la producción de leche, la reducción de la fertilidad y predispone el riesgo de sufrir otras enfermedades. Pérez y Pulido (2014) estimaron que la cetosis produce una disminución de 350 kg a 400 kg de leche/lactancia/vaca, causando mermas monetarias aproximadamente de USD 325.00, lo que incluye producción de leche, días abiertos (sin producción) y animales de descarte.

El objetivo de esta investigación es determinar la prevalencia de cetosis subclínica en vacas lecheras que se encuentran en las etapas productivas de periparto, lactancia temprana y lactancia media, mediante el uso de diagnóstico con tiras reactivas de orina en bovinos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación es de tipo no experimental, con alcance descriptivo y corte transversal que pretendía determinar la prevalencia de cetosis subclínica en vacas lecheras de una finca ganadera del departamento de Jinotega, en la zona central norte de Nicaragua, a partir de la aplicación de tiras reactivas de orina.

La finca se encuentra ubicada entre el kilómetro 175 y 179 de la carretera hacia el municipio de San Rafael del Norte, en las coordenadas geográficas 12°55' de latitud Norte y 85°55' de longitud Oeste, a una altitud entre 1 000 y 1 100 msnm.

Para lograr el objetivo se tomaron muestras de orina al 100 % de vacas que se encontraban en las etapas productiva descritas por Sepulveda y Wittwer (2017) correspondientes al: periparto (últimos 21 días de la gestación), lactancia temprana (entre cero días y 90 días) y lactancia media (entre 91 días y 181 días).

En total se muestrearon 52 animales distribuidos de la siguiente manera: 13 en etapa de periparto, 17 en lactancia temprana y 22 en lactancia media

La medición de cuerpos cetónicos en orina se realizó con la aplicación de tiras colorimétricas reactivas marca Jorvet URS1k®, respetando las indicaciones del fabricante, y se consideraron negativas las muestras que presentaron una concentración menor a 5 mg de cuerpo cetónico por decilitro (CC $dl^{-1}$), como lo sugiere Garzón y Oliver (2018). La toma y lectura de muestras se realizó durante la mañana, inmediatamente después del primer ordeño.

Para la determinación de la prevalencia de cetosis subclínica en el total de animales se utilizó el modelo de ecuación de prevalencia y proporción sugerida por Espinoza y Soto (2017):

$$P = \frac{CP}{IT} X\ 100$$

Donde:
P: Prevalencia de cetosis subclínica en la muestra de estudio
CP: Casos positivos en el total de la muestra de estudio
IT: Total de individuos estudiados

En este estudio, para la interpretación de los resultados de prevalencia o presencia de cetosis subclínica se utilizó la escala propuesta por Carrión (2012) que menciona que: prevalencias menores al 30 % se consideran nivel bajo, entre 30 % y 60 % nivel medio y mayor al 60 % nivel alto.

También se calculó la prevalencia de cetosis subclínica en cada una de las etapas productivas (Periparto, lactancia temprana y lactancia media), de forma individual haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$P.ep = \frac{CP}{IT} X\ 100$$

Donde:
P: Prevalencia por etapa productiva
CP: Casos positivos en la etapa productiva
IT: Total de individuos estudiados en la etapa productiva

Con los casos positivos se realizó una clasificación en casos leves (entre 5 mg $dl^{-1}$ y 50 mg $dl^{-1}$) y casos graves (entre 51 mg $dl^{-1}$ y 150 mg $dl^{-1}$) de acuerdo con lo propuesto por Vicente *et al*. (2014), y se calculó las proporciones de estos en relación a las etapas productivas, condición corporal y número de partos de los individuos.

La condición corporal (CCo) de las vacas se determinó según el modelo sugerido por Wildman *et al.* (1982) citado por Sepúlveda y Rendón (2015). El número de partos (NP) por vaca se obtuvo de las tarjetas de registro reproductivo individual. Todos los datos fueron registrados en una hoja de control para su posterior análisis.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Prevalencia de cetosis subclínica.** La cetosis es una enfermedad metabólica que ocurre al inicio y en la parte media de la lactancia en vacas productoras de leche, debido a que las necesidades energéticas exceden el consumo dietético de carbohidratos (Garzón y Oliver, 2018), desencadenando un balance energético negativo (BEN), caracterizado por concentraciones anormalmente elevadas de cuerpos cetónicos en tejidos y fluidos corporales (acetona, acetato, β-Hidroxibutirato) (Herdt, 2000).

En la Figura 1 se observa una prevalencia de nivel bajo (< 30 %) de cetosis subclínica atendiendo el total de animales; este valor es superior a los reportados por Huertas-Molina *et al*. (2020) de 7.9 % para las regiones de Antioquia, Cundinamarca, Boyacá y Caldas en Colombia; Fiorentin *et al* (2018) reportan 9 % en Santa Catarina, Brasil, y Torres *et al*. (2017) registraron 14 % en el valle Central y zona norte de Costa Rica.

El valor encontrado en este estudio es inferior al valor de 33.3 % reportado por Cuascota (2014) en unas granjas lecheras de Quito, Ecuador.

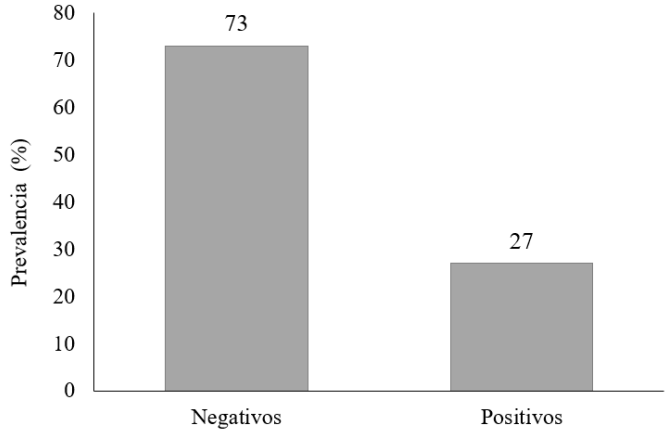



**Figura 1.** Prevalencia de Cetosis en total de individuos estudiados.

Estas diferencias entre los resultados probablemente pueden explicarse por diferencias en tipo y frecuencia de alimentacion, estacion del año al parto, raza de las vacas, nivel de produccion de leche de las vacas, porcentaje de grasa en la leche, sistema de ordeño, entre otros (Garzón y Oliver, 2018).

**Prevalencia de cetosis subclínica en las etapas de periparto, lactancia temprana y lactancia media.** En la Figura 2 se muestra que al avanzar en las etapas productivas desde el periparto hacia la lactancia temprana y la lactancia media, disminuyen los casos negativos y se incrementan los casos positivos de cetosis a partir de la lactancia temprana.

La prevalencia de cetosis subclínica en lactancia inicial o temprana es cercana al valor reportado por Redrovan *et al.* (2020) de 28 % e inferior al valor de 41 % registrado por González *et al*. (2009).

Según González (2009), es común que se presente cetosis subclínica en vacas lecheras durante la lactancia temprana o media, ya que gran parte de la presión etiopatogénica para el desarrollo de la cetosis, deriva de las altas demandas de glucosa utilizada por la glándula mamaria

como el principal precursor para la síntesis de lactosa en la lactación profusa.

Además, existe mayor riesgo de desarrollar cetosis subclínica o clínica, en la etapa inicial o temprana de lactancia, debido al estrés causado en la vaca por el nacimiento de la cría y por la mayor demanda de energía para mantener la producción de leche (Cucunubo *et al*., 2013).

Strieder *et al*. (2014) en estudios realizados sobre el comportamiento de parámetros bioquímicos en bovinos de lechería, sostiene que en la etapa de postparto existe un incremento de los cuerpos cetónicos en las primeras semanas de lactancia, porque la vaca está en un balance energético negativo y tiene que movilizar sus reservas corporales, no obstante, al avanzar la lactancia hay una tendencia al restablecimiento del balance energético.

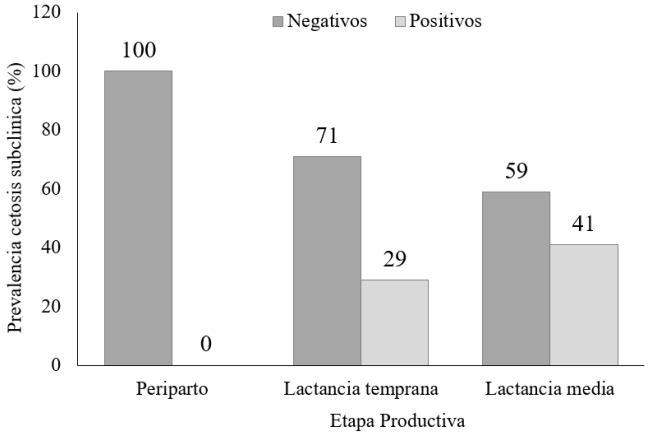



**Figura 2.** Prevalencia porcentual de cetosis subclínica por etapa productiva.

**Casos leves y graves de cetosis subclínica en las etapas de periparto, lactancia temprana y lactancia media.** Vicente *et al*. (2014) aseguran que clasificar la cetosis subclínica nos permite determinar qué tan probable es que se desarrolle una cetosis clínica y así tomar medidas preventivas para evitar que los animales con diagnóstico positivos evolucionen en un cuadro que los pueda llevar a la muerte.

En la Figura 3 se observa que a medida que se avanza hacia la lactancia media, hay un incremento en la proporción de casos leves de cetosis, mientras que la proporción de casos graves permanece constante.

Strieder *et al*. (2014), en un estudio del comportamiento de indicadores energéticos en vacas lecheras, determinaron que, durante la transición del preparto al postparto, los niveles de cuerpos cetónicos tienden a subir, sin embargo, en muchas ocasiones esta elevación propicia una mejor adaptación hepática, por estimular la gluconeogénesis, este estímulo cetogénico en el periparto permite mayor producción láctea en las primeras tres semanas post-parto. Este mismo autor aclara que dichas elevaciones no son una constante y van a variar en dependencia de otras variables como la condición corporal o el manejo nutricional de los animales.

A partir del segundo tercio de lactancia se inicia el descenso de la "curva de lactancia" (CL), en esta etapa, según confirma Bretschneider *et al*. (2015) la vaca tiene la habilidad de mantener niveles elevados de producción; podemos deducir, que los animales en esta etapa productiva estarían sometidas a demandas energéticas altas, que provocarían el aumento de concentraciones de cuerpos cetónicos.

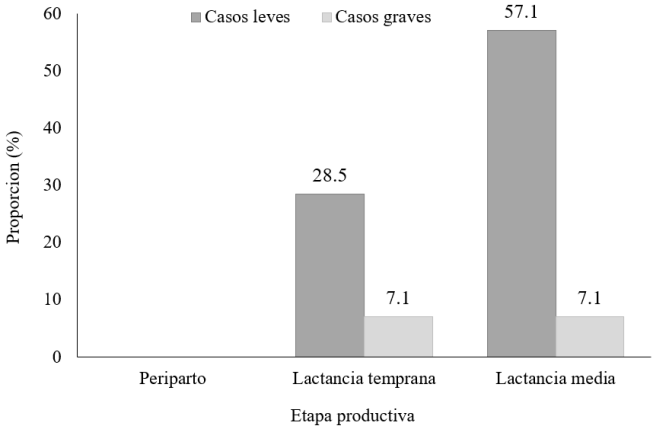



**Figura 3.** Proporción (%) de casos leves y graves de cetosis subclínica según etapa productiva.

Estudiando desórdenes metabólicos en vacas lecheras, Fiorentin *et al*. (2018) reportan que no existen diferencias significantes o influyentes en el reporte de casos clínicos y subclínicos de cetosis atendiendo el posible vínculo entre la etapa productiva y el nivel de cetosis en vacas de lechería; y consideran que la frecuencia de aparición podría estar más vinculada con factores intrínsecos como la condición corporal.

**Casos leves y graves de cetosis subclínica según número de partos.** El número de parto se ha identificado como un factor de riesgo para la cetosis (Suthar *et al*., 2013; Vanholder *et al*., 2015). En el presente estudio, no se registra una tendencia clara en relación a las proporciones de casos leves y graves de cetosis subclínica, en función del número de partos o lactancias; no obstante, se observa que la proporción de casos leves de cetosis subclínica tiene un comportamiento variado (aumento-disminución) en relación al número de partos y se registran los casos graves únicamente al tercer parto (Figura 4).

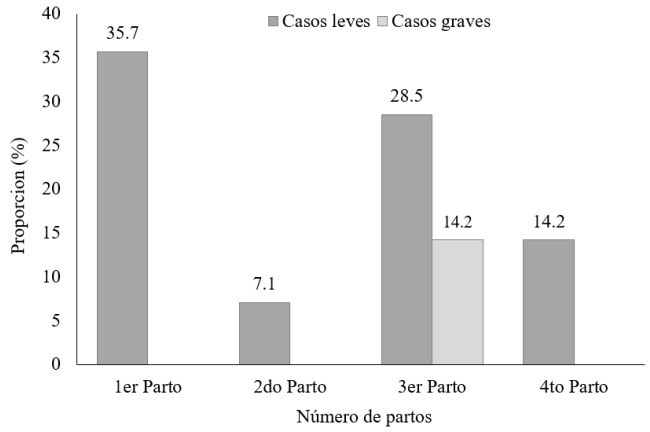



**Figura 4.** Proporción de casos leves y graves de cetosis subclínica según número de partos.

Este incremento de los casos graves puede explicarse según Vanholder *et al*. (2015), porque el número de partos o lactancias es otro factor de riesgo de cetosis subclínica, así los animales con dos y tres partos tienen un riesgo mayor que los animales de primer parto, como consecuencia de un balance energético negativo más severo en las vacas multíparas (vacas con más de un parto) relacionado con una mayor producción láctea (Roche *et al*., 2013; Berge y Vertenten, 2014), y tienen mayor pérdida de condición corporal por la movilización de grasa corporal, para asegurar los requerimientos de energía para la lactación (Coffey *et al*., 2004).

Huertas-Molina *et al*. (2020), Garzón y Oliver (2018), Redrovan *et al*. (2020) Asl *et al.* (2011) como se cita en Fiorentin *et al*. (2018) y Vanholder *et al*. (2015), afirman que el número de partos es un factor importante en la manifestación de hipercetonemia y de cetosis bovina y que vacas de dos a tres partos tienen mayor riesgo de presentar cetosis, como consecuencia de un balance energético negativo, más pronunciado, en relación con su mayor producción láctea. Es necesario destacar que, en contraste con los argumentos anteriores, Fiorentin *et al*. (2018) expresa el número de partos no es un parámetro tan influyente.

Otro factor a considerar que no fue objeto de estudio en esta investigación, es la época de ocurrencia del parto. Vanholder *et al*. (2015) mencionan que los partos durante la época de seca, son un factor de riesgo para el desarrollo clínico y subclínico de la enfermedad, lo cual está principalmente relacionado por la disponibilidad y la calidad del alimento en esta época del año, un factor que podría ser importante en animales en pastoreo en condiciones tropicales, donde a pesar de la ausencia de estaciones, la disponibilidad de alimento se ve disminuida drásticamente durante las temporadas de sequía, lo que tiene un efecto directo sobre el consumo de materia seca y que representa un riesgo para el desarrollo de cetosis.

**Casos leves y graves de cetosis subclínica según condición corporal.** Redrovan *et al*. (2020) señala que:

> La determinación del estado corporal de las vacas lecheras representa una práctica de manejo clave para monitorear programas de alimentación. Su estimación en momentos claves como el secado, ingreso al preparto, al parto y en el pico de producción permite diagnosticar deficiencias nutricionales (sub o sobrealimentación) y ajustar el manejo de la alimentación de acuerdo con las necesidades de los animales. (p. 10)

El índice de condición corporal (CCo) es una manera de evaluar el almacenamiento de energía de los animales y es medido en una escala de 1 a 5, donde 1 clasifica al animal como flaco y 5 como obeso. Ambos extremos son inadecuados y afectan directamente la salud de los animales, resultando en desordenes metabólicos, reducción de las tasas reproductivas, disminución de la producción de leche y presentación de enfermedades posparto, entre las cuales puede destacarse la cetosis (Fernandes *et al*., 2016).

Gillund *et al*. (2001) argumentan que el principal y más influyente factor de riesgo para el desarrollo de cetosis como trastorno metabólico en vacas lecheras, es la condición corporal al parto. La condición corporal entre moderada y alta es un factor de riesgo de cetosis subclínica. Vanholder *et al*. (2015) reportan que animales con CCo entre 3 y 3.75 tienen 1.5 veces mayor riesgo de desarrollar cetosis, argumento que concuerda con los resultados de este estudio (Figura 5), donde las vacas con cetosis subclínica tienen un índice de condición corporal dentro del intervalo anteriormente mencionado.

Esto se debe a la mayor deposición de tejido adiposo y la subsecuente mayor movilización de ácidos grasos de las reservas energéticas para la producción de leche, que aumenta la producción y liberación de cuerpos cetónicos en el torrente sanguíneo, principalmente, acetona, acetoacetato y β-hidroxibutirato (Días *et al*., 2011; Roche *et al*., 2013).

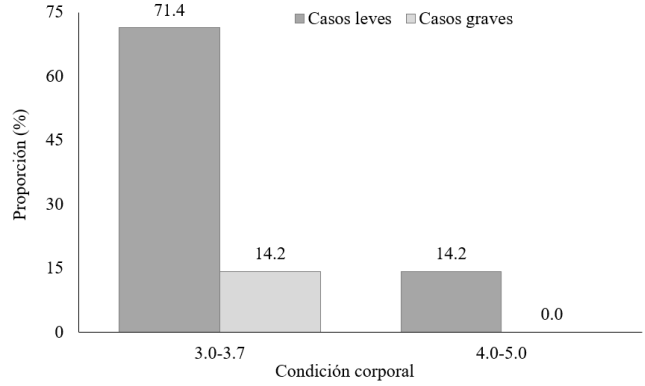



**Figura 5.** Proporción de casos leves y graves de cetosis subclínica según condición corporal de las vacas.

## CONCLUSIONES

La prevalencia encontrada fue baja en relación con otras reportadas en la región y por las características productivas de los animales en estudio se considera que los casos positivos corresponden a cetosis primaria o de producción, que se presenta por la adaptación de la vaca lechera a la etapa postparto y la aparición del balance energético negativo al inicio de la lactancia.

La aparición del trastorno metabólico, cetosis subclínica, está influenciada por factores de riesgo como etapa de lactancia (periparto, lactancia temprana y lactancia media), número de partos y condición corporal de los animales, producto de una mayor concentración de cuerpos cetónicos debido a un marcado balance energético negativo.

## AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Ciencias Comerciales de Nicaragua, por su aporte en el desarrollo de esta investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ametaj, B. (2014). *Metabolic disorders of dairy cattle*. http://www.eolss.net/sample-chapters/c10/e5-15a-18.pdf

Batista, C. P., Gonçalves, R. S., Quishpe Contreras, L. V., Valle, S. de F., & González, F. (2022). Correlation between liver lipidosis, body condition score variation, and hepatic analytes in dairy cows. Brazilian Journal of Veterinary Medicine, 44, e005121. https://doi.org/10.29374/2527-2179.bjvm005121

Berge, A., & Vertenten, G. (2014). A field study to determine the prevalence, dairy herd management systems, and fresh cow clinical conditions associated with ketosis in western European dairy herds. *Journal of Dairy Science*, *97*(4), 2145–2154. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24534510/

Bretschneider, G., Salado, E., Cuatrin, A. y Arias, D. (2015). *Lactancia: pico y persistencia ¿por qué cuidarlos?*https://www.cofemersimir.gob.mx/expediente/19467/mir/47328/anexo/5171347

Campos, R., González, F., Coldebella A. y Lacerda, L. (2005) Determinação de corpos cetônicos na urina como ferramenta para o diagnóstico rápido de cetose subclínica bovina e relação com a composição do leite. *Archives of Veterinary Science, 10*(2), 49-54. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8440

Carrion Castillo, R. (2012). *Interpretación y utilidad de los "Equipos de diagnóstico de campo" para la ganadería lechera moderna*. Ergomix. https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/interpretacion-utilidad-equipos-diagnostico-t29010.htm

Coffey, M. P., Simm, G., Oldham, J. D., Hill, W. G., & Brotherstone, S. (2004). Genotype and Diet Effects on Energy Balance in the First Three Lactations of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, *87*(12), 4318–4326. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030204735778

Cucunubo, L. G., Strieder-Barboza, C., Wittwer, F. y Noro, M. (2013). Diagnóstico de cetosis Subclínica y balance energético negativo en vacas lecheras mediante el uso de muestras de sangre, orina y leche. *Revista Científica, FCV-LUZ. 23*(2), 111-119. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95926276004

Cuascota Sánchez, S. N. (2014). *Determinación de cetosis en vacas postparto de diferentes tercios de lactancia, y su relación con la calidad nutritiva del forraje de la hacienda flor andina, Pedro Moncayo –Ecuador 2014* [Tesis de ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana]. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7511/1/UPS-YT00224.pdf

Días, V., Garlet, R. y Araldi, D. F. (2011). *Acetonemia em vacas de leite. XVI Seminário Institucional de ensino, pesquisa e extensão. Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ.* https://home.unicruz.edu.br/seminario/artigos/saude/ACETONEMIA%20EM%20VACAS%20DE%20LEITE%20.pdf

Espinoza Macoy, A. R. y Soto Arguello, D. A. (2017). *Principales alteraciones y patologías pódales en equinos, criados en caballeriza, en la comarca de Chiquilistagua, municipio de Ciudad Sandino, departamento de Managua diciembre 2016 – marzo 2017* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. https://repositorio.una.edu.ni/3647/

Fernandes, A. F. A., Oliveira, J. A., & Queiroz, S. A. 2016. Escore de condição corporal em ruminantes. *Ars veterinaria*, *32*(1), 55-66. https://arsveterinaria.org.br/index.php/ars/article/view/1048/1078

Fiorentin, E. L, Zanovello, S., Gato, A., Piovezan, A. L., Alves, M. V., Rocha, R. X., & Gonzalez, F. (2018). Ocurrence of subclinical metabolic disorders in dairy cows from western Santa Catarina state Brazil. *Pesquisa Veterinaria Brasil*, *38*(4), 629-634. https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-5156

Garzón Audor, A. M. y Oliver Espinosa, O. J. (2018). Epidemiología de la cetosis en bovinos: una revisión. CES. *Medicina Veterinaria Zootecnia*, *13*(1), 42-61. https://doi.org/10.21615/cesmvz.13.1.4

Gillund, P., Reksen, O., Gröhn, Y. T., & Karlberg, K. (2001). Body condition related to ketosis and reproductive performance in norwegian dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *84*(6), 1390–1396. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11417697/

González, O. A. (2009). *Nosopatogenesis general y alteraciones metabólicas, Digestivas y hepáticas*. Sello editorial Félix Varela.

González, F. G., Muiño, R., Pereira, V., Campos, R., & Castellote, J. L. B. (2009). Indicadores sanguíneos de lipomobilização e função hepática no início da lactação em vacas leiteiras de alta produção. *Ciência Animal Brasileira / Brazilian Animal Science*, 1, 64–69. https://revistas.ufg.br/vet/article/view/7715

Huertas-Molina, O., Guzmán C, V., Palacio, L. G., Zambrano-Varón, J. y Olivera-Angel, M. (2020). Concentraciones séricas de Beta-hidroxibutirato y su asociación con enfermedades posparto en bovinos de leche. *Revista MVZ Córdoba*, *25*(3), e1821. https://doi.org/10.21897/rmvz.1821

Vicente, F., Rodríguez, M. L., Martínez-Fernández, A., Soldado, A., Argamentería, A., Peláez, M., & de la Roza-Delgado, B. (2014). Subclinical ketosis on dairy cows in transition period in farms with contrasting butyric acid contents in silages. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-4. https://doi.org/10.1155/2014/279614

Nielen, M., Aarts, M. G., Jonkers, A. G., Wensing, T., & Schukken, Y. H. (1994). Evaluation of two cowside tests for the detection of subclinical ketosis in dairy cows. *Canadian Veterinary Journal*, *35*(4), 229–232. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1686759/

Pérez, R. y Pulido, E. (2014). Apoyo metabólico: Cetosis subclínica, importancia de su diagnóstico, mitigación y prevención con el uso de extracto hepático. *Infortambo*, *20*(146), 34. https://infortamboandina.co/es/ediciones/edicion-146

Redrovan Passato, D. C., García Flores, J. M. y Durán Aguillón, L. E. (2020). Identificación de factores de riesgo para la presentación de cetosis subclínica en ganado bovino lechero. *Ecuador es Calidad*, *7*(1), 43-50. https://doi.org/10.36331/revista.v7i1.101

Roche, J. R., Kay, J. K., Friggens, N. C., Loor, J. J., & Berry, D. P. (2013). Assessing and managing body condition score for the prevention of metabolic disease in dairy cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, *29*(2), 323–336. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.03.003

Rois Castaño, L. M. (2018). *Cetosis en vacas lecheras en el complejo agropecuario industrial S. A. (CAITSA), Tizayuca, Hidalgo; México: reporte de caso* [Tesis de licenciatura, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. Repositorio Institucional. https://repository.udca.edu.co/handle/11158/915

Torres Chacón, F. J., Ramírez Rodríguez, G. J. y Segura Cubero, J. V. (2017). *Diagnóstico de enfermedades metabólicas en 30 hatos lecheros del Valle Central y Zona Norte de Costa Rica y elaboración de una propuesta para su prevención* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional]. Repositorio institucional. https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14094/Fabi%c3%a1n%20Jos%c3%a9%20Torres%20Chac%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sepulveda Mena, S. V. y Rendón Betancourt, M. R. (2015). *Frecuencia de cetosis subclínica en vacas de la hacienda Asturias en la Vereda del Aguacate del Municipio de Pereira* [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de Pereira]. https://core.ac.uk/download/pdf/71398736.pdf

Sepulveda Varas, P. y Wittwer, F. (2017). *Periodo de transición: importancia en la salud y bienestar de vacas lecheras*. https://www.researchgate.net/publication/323773170_Periodo_de_transicion_Importancia_en_la_salud_y_bienestar_de_vacas_lecheras

Strieder Barboza, C., Cucunubo, L. G., Smulders, J. P., Wittwer, F. y Noro, M. (2014). Indicadores energéticos de vacas lecheras en periodo de transición y lactancia temprana con alta o moderada condición corporal preparto. *Revista Científica FCV-Luz*, *24*(1), 73-82. https://www.redalyc.org/pdf/959/95930052006.pdf

Suthar, V. S., Canelas-Raposo, J., Deniz, A., & Heuwieser, W. (2013). Prevalence of subclinical ketosis and relationships with postpartum diseases in European dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *96*(5). 2925–2938. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030213001914

Vanholder, T., Papen, J., Bemers, R., Vertenten, G., & Berge, A. C. B. (2015). Risk factors for subclinical and clinical ketosis and association with production parameters in dairy cows in the Netherlands. *Journal of Dairy Science*, *98*(2), 880-888. https://doi.org/10.3168/jds.2014-8362

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni

# 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 a es a ciega doble, por lo que los revispores 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 especifica 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 responsable de correcciones ortográficas, gramaticales y de

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni



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 horizantales 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 correspondena a:

*Reporte Técnico.* Presenta y discute resultados de investigaciones y ensayos para su aplicación práctica. Aporta nuevos elementos al lector en una manera resumida, siguiendo la estructura señalada. La extensión máxima del texto es de 10 páginas.

*Nota Técnica.* Es un avance informativo sobre los resultados preliminares de investigaciones. Tiene carácter de información provisional o inicial. Se puede hacer énfasis o profundizar en temas de interés, emergentes o premura. Extensión máxima de seis 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. La extensión máxima del texto es de 10 páginas.

*Foro*. Espacio dedicado a la discusión y análisis de los aspectos que caracterizan a los sistemas agrarios, en forma resumida y bien fundamentada. Extensión máxima de cuatro páginas.

*Comunicaciones*. Tienen como objetivo presentar casos de interés que puedan sentar las bases de otros estudios. Extensión máxima de cuatro páginas a espacio sencillo y deben contener citas bibliográficas y figuras o cuadros que refuercen la información.

*Informe*. Artículo escueto que busca dar idea del progreso alcanzado en una investigación o trabajo y también el inicio o conclusión de un proyecto, en términos de un plazo de tiempo determinado. Puede referirse a las etapas de investigación, sin describir en detalle el procedimiento del trabajo y su futuro manejo. Extensión máxima cuatro.

*Reseña de Publicaciones*. Espacio dedicado a la presentación de las publicaciones más recientes, reseñas bibliográficas, abstracts y resúmenes de tesis de grado. Extensión máxima de una página.

*Noticias*. Información general sobre eventos de capacitación, reuniones, conferencias, seminarios, talleres y aspectos particulares de proyectos de investigación. Extensión máxima de una página.

***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

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni



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 (Abstracs). 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.

*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

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni

# GUÍA PARA COLABORADORES

información completa y presentarse según las normas APA (American Psychological Association).

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.

*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., Pasberggauhl, 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

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni

# GUÍA PARA COLABORADORES

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://lacalera.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

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 Nº 835. Ley de Turismo Rural Sostenible de la República de Nicaragua. Diario Oficial No. 184. https://rb.gy/bvjhf1

COMUNICACIONES PERSONALES: Debido a que las mismas no proporcionan datos recuperables, las comunicaciones personales no se incluyen en la lista de referencias. Cite solo en el texto 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. 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 explicitas, 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.

LA CALERA Revista Científica
Vol. 23 N° 41, p 84 – 160 / diciembre 2023

ISSN 1998 – 7846
https://lacalera.una.edu.ni

# LA CALERA

## contenido

**CIENCIA DE LAS PLANTAS**

IDENTIFICACIÓN FENOTÍPICA DE MECANISMO DE RESISTENCIA DE LAS BACTERIAS *Burkholderia gladiolii* Y *Burkholderia plantarii* Y SENSIBILIDAD *in vitro* A BACTERICIDAS DE USO AGRÍCOLA. Julio Cesar Escorcia, Jeffrey Lumardi Arauz Espinoza, Isaías Ezequiel Sánchez Gómez, Eliézer Hazael Lanuza Rodríguez.

REVISITING COFFEE REPLACEMENT DECISIONS IN THE AFTERMATH OF THE 2012-2013 COFFEE RUST EVENT IN NICARAGUA. Francisco Antonio Mendoza Tijerino.

**RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE**

ERODABILIDAD EN SUELOS ANDISOLES, MOLLISOLES Y VERTISOLES DE LA REGIÓN DEL PACÍFICO DE NICARAGUA. Maykeling Lisbeth Treminio Corea, Reynaldo Bismarck Mendoza Corrales, Miguel Angel Garmendia Zapata.

ESTIMACIÓN DE UMBRALES DE PRECIPITACIONES QUE OCASIONAN FENÓMENOS LAHÁRICOS EN EL VOLCÁN CONCEPCIÓN, ISLA DE OMETEPE, RIVAS, 2016. Karla Hypatia Cruz Rivera, Fernando José Mendoza Jara, Efraín Lucrecio Acuña Espinal.

MODELACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAHARES 2005 -2016 PARA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN EL VOLCÁN CONCEPCIÓN, ISLA DE OMETEPE, RIVAS. Karla Hypatia Cruz Rivera, Fernando José Mendoza Jara, Efraín Lucrecio Acuña Espinal.

**AGROSOCIOECONOMÍA**

TECNOLOGÍAS Y PRÁCTICAS QUE UTILIZAN LOS PRODUCTORES EN EL MANEJO POSCOSECHA DE MAÍZ Y FRIJOL EN ESTELÍ, MADRIZ Y NUEVA SEGOVIA, NICARAGUA. Noemí del Carmen Obregón, Oscar José Gómez Gutiérrez.

APORTE ECONÓMICO DE LOS EQUINOS DE TRABAJO EN LA PRODUCCIÓN DE CACAO EN DOS COMUNIDADES DE WASLALA, REGIÓN AUTÓNOMA DE LA COSTA CARIBE NORTE, OCTUBRE 2021 A MARZO 2022. Freddy Argüello Murillo, Fredred Valdivia Flores.

ANÁLISIS AGRO SOCIOECONÓMICO DE DIEZ FINCAS EN LA COMUNIDAD EL QUINAL EN SANTA TERESA, CARAZO, NICARAGUA 2020 - 2021. Oswaldo Martin Pineda Rizo, Fidel Guzmán Guillen, Engell Josué Jarquín Sánchez, Miguel Adonis Dumas.

**GESTIÓN EDUCATIVA (COMPUTACIÓN)**

USO DE TIC EN EL PROCESO DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA EDUCACIÓN PARA APRENDER, EMPRENDER Y PROSPERAR EN UNDÉCIMO GRADO DEL INSTITUTO NACIONAL DE CAMOAPA DR. MANUEL SALVADOR GUADAMUZ, JULIO – SEPTIEMBRE 2021. David Ernesto Peñalba Berríos, Nesley Jhosep Espinoza González, Elieth Auxiliadora Castro Méndez.

**CIENCIA ANIMAL**

CETOSIS SUBCLÍNICA COMO TRASTORNO METABÓLICO EN VACAS LECHERAS DURANTE LAS ETAPAS PRODUCTIVAS DE PERIPARTO, LACTANCIA TEMPRANA Y LACTANCIA MEDIA. Junior Raxa Chavarría Rivera, Fabian García Guerrero, Berman Treminio Alcántara, Nadir Reyes-Sánchez.

Managua, Nicaragua
km 12½ Carretera Norte
Apartado Nº 453
Tels: (505 2233-1501 • 2233-1183
www.una.edu.ni

ISSN 1998-7846