









REVISTA CIENTÍFICA **DE LA** UNA

Colaboraciones

Con el propósito de promover publicación 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 (artículos, colaboraciones notas técnicas, etc.) solicitamos sean enviadas a la siguiente dirección:

Nacional Agraria

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 1/2 de la carretera Norte Managua, sitio ocupado en la actualidad por la Universidad Nacional Agraria.

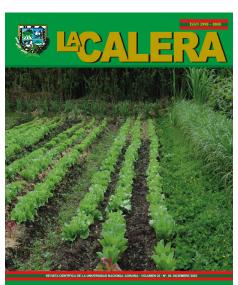


Foto de portada: Producción orgánica de lechuga (Lactuca sativa L.) con sistema de barrera viva, La Garnacha, Estelí, Nicaragua. Foto: PhD. Ulises Blandón Díaz.

Esta publicación es editada por la Dirección de Investigación Extensión y Posgrado (DIEP) de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

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

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

La revista científica La Calera se encuentra en el catálogo Latindex:

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

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

e indizada en los siguientes directorios, catálogos y repositorios:

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

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

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

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

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

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

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

Repositorio Universitario CNU: http://repositorio.cnu.edu.ni/ Repositorio Institucional UNA: https://repositorio.una.edu.ni/



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

C Copyright 2022. Universidad Nacional Agraria

Revista La Calera

Revista Científica de la Universidad Nacional Agraria, volumen 22, N° 39, diciembre, 2022. Publicación semestral: ISSN 1998 – 7846 (versión impresa) * 1998 – 8850 (versión electrónica). Publicaciones periódicas, Nicaragua, Agricultura, Universidad Nacional Agraria.

Publicación de la Universidad Nacional Agraria (UNA)

Autoridades Institucionales

MSc. Alberto Sediles Jaen Rector

MSc. Ivette Sánchez Mendioroz Vicerrectora General

MSc. Mercedes Matus Medina Secretaría General.

Consejo editorial:

Director

Dr. Edgardo Jiménez Martínez Dirección de Investigación, Extensión y Posgrado edgardo.jimenez@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
Imendoza@ct.unanleon.edu.ni
HIDROGEOLÓGICA
APROVECHAMIENT
SUBTERRÁNFA CO

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. Oscar José Gómez Gutiérrez Universidad Nacional Agraria, Nicaragua oscar.gomez@ci.una.edu.ni

Diagramación

MSc. Mariella M. Lacayo Juárez Universidad Nacional Ágraria, Nicaragua mariello.lacayo@ci.una.edu.ni

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

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

CALIDAD DEL AGUA EN FUENTES USADAS PARA CONSUMO HUMANO EN 14 COMUNIDADES DEL EL VIEJO, CHINANDEGA, NICARAGUA, 2020. César Aguirre.

P 70-77

PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN BANCO PROTEICO DE QUELITE (Cnidoscolus aconitifolium (Mill)) Y MARANGO (Moringa oleífera (Lam), FINCA LAS MERCEDES, NICARAGUA. Olman José Narváez Espinoza, Lucilizabeth Pérez Rivera.

P 78-84

MORFOFISIOLOGÍA DEL GÉNERO Rhizophora EN LA RESERVA NATURAL ISLA JUAN VENADO, PACÍFICO DE NICARAGUA. Claudia María Dolmus-Bustillo, José Ignacio García Plazaola, Beatriz Fernandez-Marin.

P 85-92

C A R A C T E R I Z A C I Ó N HIDROGEOLÓGICA PARA APROVECHAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA CON FINES DE RIEGO, EN EL PLANTEL, MASAYA, NICARAGUA. Raquel Izabá-Ruíz, Karen Morales-Hernández.

P 93-100

EROSIVIDAD MENSUAL DE LA LLUVIA DETERMINADA A PARTIR DE INFORMACION DE CUATRO ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE NICARAGUA. Miguel Enrique Blanco Chávez.

P 101-109

CIENCIA DE LAS PLANTAS

ABUNDANCIA. **RIQUEZA DIVERSIDAD INSECTOS** DE **CULTIVO** ASOCIADOS ΑL DE MARACUYA (Passiflora edulis Sims) MATAGALPA. NICARAGUA. Freddy Loásiga Jarquín, Edgardo Jiménez-Martínez.

P 110-117

FITOPATÓGENOS FÚNGICOS ASOCIADOS A SEMILLAS DE MORINGA EN EL ESTADO MONAGAS, VENEZUELA. Guillermo Sabu Romero-Marcano, Ramón Silva-Acuña, María Claudia Sánchez-Cuevas.

P 118-126

SIEMBRA A DOBLE SURCO SENCILLO Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DE SEMILLA DE FRIJOL COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.). Johnry Junior Hawkins Martínez, Alba Noelia Ortiz Aragón, Roberto Carlos Larios González.

P 127-133

IDENTIFICACIÓN FENOTÍPICA Y MOLECULAR DE Burkholderia spp EN PANÍCULAS DE ARROZ (Oryza sativa L.). Dagne Valeria Fornos Reyes, Norvin Josué Peralta Herrera, Isaías Ezequiel Sánchez Gómez, Markelyn José Rodríguez Zamora.

P 134-139

GESTIÓN EDUCATIVA

ESTILOS DE APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DEL ÁREA FUNCIONAL PREPARATORIA PARA LA FORMACIÓN EN CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES BASADOS EN EL MODELO DE KOLB. David Ernesto Peñalba Berríos.

P 140-144



Calidad del agua en fuentes usadas para consumo humano en 14 comunidades del El Viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020

Water quality in sources used for human consumption in fourteen communities of El Viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020

César Aguirre

Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad Nacional Agraria (UNA), Nicaragua, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9363-6627/caguirre@ci.una.edu.ni



RESUMEN

En el país la contaminación relacionada con actividades socioeconómicas y procesos naturales, afecta la calidad del agua de consumo humano. El objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad del agua en fuentes empleadas para el uso doméstico en comunidades del municipio El Viejo, con el propósito de generar recomendaciones que contribuyan a reducir el riesgo de enfermedades de origen hídrico. En 2020 se realizó el estudio en 14 comunidades de El Viejo, como parte del convenio de colaboración entre la Universidad Nacional Agraria y la Agencia Católica Irlandesa para el Desarrollo (Trocaire). El estudio de carácter cualitativo evaluó la calidad del agua para consumo humano, utilizando 10 parámetros físico-químicos (mediante cintas indicadoras y multímetro HACH) y dos microbiológicos (utilizando Phatoscreen y Readycult Coliforms) en 12 pozos perforados que abastecen miniacueductos y ocho pozos excavados a mano para uso familiar o comunitario. Las fuentes estudiadas abastecen a 1 496 familias (5 760 personas). Los valores obtenidos de los parámetros físico – químicos indican que el agua de la mayoría de las fuentes es aceptable para el consumo, según las Normas de calidad del agua para consumo humano (Norma regional CAPRE) y las Guias para la calidad del agua de consumo humano de la Organización Mundial de la Salud. Sin embargo, para reducir altos valores de dureza y salinidad en algunos pozos se sugiere realizar tratamiento al agua destinada al cosumo. Desde el punto de vista de la calidad biológica, entre el 75 % (muestreo de julio) y el 85 % de las fuentes (muestreo de noviembre), el consumo de agua representaba riesgo para la salud debido a la contaminación con bacterias del grupo coliformes y/o Escherichia coli, causantes de enfermedades diarreicas. La presencia de fosfato, amonio y/o nitrato en varias de las fuentes muestra una

ABSTRACT

In the country, pollution related to socio-economic activities and natural processes affects the quality of water for human consumption. The objective of this research was to evaluate the quality of water in sources used for domestic use in communities of the municipality of El Viejo, with the purpose of generating recommendations that contribute to reducing the risk of diseases of water origin. In 2020, the study was carried out in 14 communities of El Viejo, as part of the Collaboration Agreement between the Universidad Nacional Agraria and the Irish Catholic Agencyfor Development (Trocaire). The qualitative study evaluated the quality of water for human consumption, using 10 physico-chemical parameters (using indicator tapes and HACH multimeter) and two microbiological parameters (using Phatoscreen and Readycult Coliforms) in 12 drilled wells that supply mini-aqueducts and eight wells dug by hand for family or community use. The sources studied supply 1 496 families (5 760 people). The values obtained from the physical-chemical parameters indicate that water from most sources is acceptable for consumption, according to the Water Quality Standards for Human Consumption (CAPRE Regional Standard) and the World Health Organization Guidelines for the Quality of Water for Human Consumption. However, to reduce high values of hardness and salinity in some wells, it is suggested to treat the water intended for consumption. From the point of view of biological quality, between 75% (July sampling) and 85% of the sources (November sampling), water consumption posed a health risk due to contamination with bacteria of the coliform group and/ or Escherichia coli, which cause diarrhoeal diseases. The presence of phosphate, ammonium and/or nitrate in several of the sources shows a trend of contamination by organic and inorganic waste,

Recibido: 12 de agosto del 2021 Aceptado: 6 de julio del 2022



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 edgardo.jimenez@ci.una.edu.ni

tendencia de contaminación por residuos orgánicos e inorgánicos, arrastrados por el agua de áreas aledañas. Los resultados sugieren la necesidad de elaborar el Plan de Seguridad del Agua para cada fuente, a fin de garantizar la aplicación de buenas prácticas de abastecimiento de agua de consumo humano.

Palabras clave: características fisicoquímicas y microbiológicas, agua para consumo.

washed away by water from surrounding areas. The results suggest the need to develop the Water Security Plan for each source, in order to ensure the application of good practices in the supply of water for human consumption.

Keywords: physicochemical and microbiological characteristics, water for consumption.

n el marco de las discusiones sobre el desarrollo y ambiente, se reconoce que además de los mecanismos financieros para la adaptación y mitigación de los efectos adversos del cambio climático, se requiere de procesos de educación, concienciación, comunicación y participación ciudadana, transferencia de tecnologías, en los que las Universidades juegan un papel fundamental.

La experiencia del proyecto UNA – TROCAIRE "Fortalecimiento de capacidades de entidades socias Trocaire para el desarrollo de medios de vida sostenibles y resilientes" refleja que las actuaciones para enfrentar la pobreza, exclusión y deterioro de los medios de vida en los territorios de incidencia de las entidades socias demanda un abordaje integral, incluyendo procesos de investigación-extensión que identifique las causas de los problemas y las alternativas de solución.

Entre las intervenciones de los proyectos de las entidades socias Trocaire, se encuentra el apoyo al mejoramiento del acceso al agua en las comunidades de los territorios de intervención, que incluye equipos (bombas de mecate, bombas eléctricas) y materiales (cemento, ladrillos, arena) para la construcción o mejoramiento de la infraestructura de pozos y manantiales; además, desde hace varios años se vienen realizando estudios de calidad de agua, como parte de las estrategia para la toma de decisiones en agua y saneamiento. Se ha detectado que generalmente los pobladores no perciben fácilmente el riesgo de contaminación de las fuentes de agua por un mal manejo de ésta; no obstante, cuando se les presenta los resultados del monitoreo de la calidad del agua de las fuentes que utilizan, toman conciencia de los riesgos de contaminación y se disponen a aplicar medidas de manejo del agua para evitar enfermedades.

La calidad del agua se refiere a las características fisicoquímicas y microbiológicas, que determinan su aceptación o rechazo. Según la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2018), "la evaluación de la idoneidad de la calidad química del agua de consumo humano se basa en la comparación de los resultados de los análisis con los valores de referencia" (p. 30). Afortunadamente, en lo que respecta a la mayor parte de sustancias químico que podrían estar presentes en el agua, éstas constituyen un peligro cuando ocurre una exposición prolongada a dichas sustancias.

En lo que se refiere a la calidad microbiológica del agua, ésta "se basa en el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, usualmente se elige *Escherichia coli* o coliformes termotolerantes" (WHO, 2018, p. 30). La presencia de la bacteria *Escherichia coli* constituye una prueba concluyente de reciente contaminación fecal, por lo cual no debe estar presente en el agua de consumo humano. La *E. coli* es causantes de enfermedades diarreicas, principalmente en grupos vulnerables como niños menores de cinco años y personas de la tercera edad.

El análisis de la calidad microbiológica del agua es particularmente importante en condiciones de acuíferos poco profundos, como es el caso del municipio El Viejo, donde las fuentes están expuestas a diversos focos contaminantes. Martínez-Santos *et al.* (2017) señala que "la densidad de población, pozos y letrinas son identificados como predictores estadísticos de la contaminación fecal a diferentes escalas espaciales".

De acuerdo con el Centro de Tecnologías Asequibles de Agua y Saneamiento (CAWST, 2013), "se conocen cinco métodos para analizar la calidad del agua: observación, equipos portátiles, laboratorio móvil, laboratorio comercial y montaje de laboratorio propio para un proyecto".

El presente estudio consistió en una evaluación de la calidad física-química y bacteriológica del agua para consumo humano, en las fuentes donde se abastece mayor cantidad de población de 14 comunidades atendidas por la Asociación para el Desarrollo Integral de la Mujer (APADEIM) en el municipio El Viejo – Chinandega, Nicaragua, con el propósito de generar información que contribuya a la toma decisiones para el acceso al agua segura por parte de las familias de esas comunidades.

MATERIALES Y MÉTODOS

El municipio de El Viejo está ubicado en el extremo occidental del país, cuenta con una extensión territorial de 1 274.91 km², clima subtropical cálido, altitud promedio de 43 msnm. Las principales actividades económicas son la agricultura (principalmente el cultivo de caña de azúcar, maní, plátano y granos básicos), turismo y pesca (FIDEG, 2012).

El estudio se realizó en 20 fuentes de 14 comunidades del municipio El Viejo (Figura 1); 12 corresponden a pozos perforados, la mayoría abastece mini acueductos por bombeo

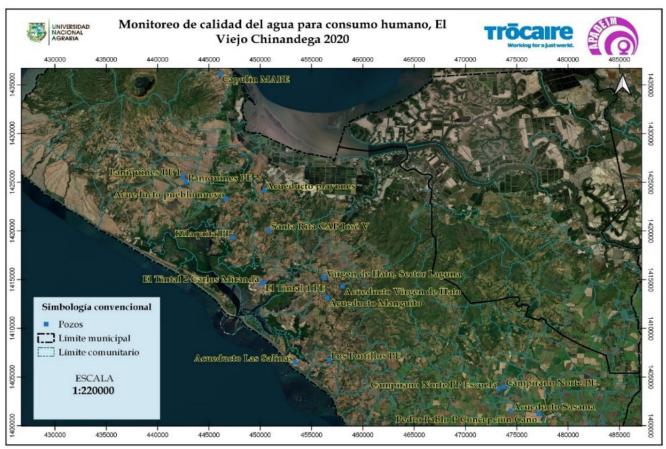


Figura 1. Mapa de ubicación de fuentes de agua evaluadas en el municipio El Viejo, Chinandega, Nicaragua.

eléctrico, y ocho son pozos excavados a mano, ambos de uso familiar y/o comunitario. La selección de las fuentes se realizó en conjunto con la entidad socia Trocaire, la Asociación para el Desarrollo Integral de la Mujer (APADEIM), tomando como criterio su importancia en el abastecimiento de agua para consumo humano por parte de beneficiarios/as de APADEIM y habitantes de las comunidades mencionadas.

El estudio tuvo un carácter cualitativo, ya que consistió en la observación en las fuentes y la medición mediante kit portátil 10 parámetros fisicoquímicos y dos microbiológicos, los cuales están relacionados con la calidad del agua para consumo humano. El método de observación es fácil, rápido, económico y brinda información sobre las causas de la contaminación; mientras que el uso de kit portátil es fácil, menos costoso, se obtienen resultados en poco tiempo y permiten la participación de actores locales en el proceso de análisis.

La interpretación de resultados se hizo mediante la comparación de los valores obtenidos en el muestreo con lo establecido en la Normas de calidad del agua para consumo

humano (Norma regional CAPRE) y las Guías para la calidad del agua de consumo humano de la Organización Mundial de la Salud (WHO). Se realizaron dos muestreos, uno en julio y el otro en noviembre de 2020.

Cuadro 1. Parámetros de calidad del agua y métodos de medición

Parámetros	Test de campo
F	isicoquímico
Cloro total y residual	HACH, Test Strips for 5-in-1
pH, dureza, sólidos totales	
disueltos, alcalinidad, salinidad	Multitester Hach, Test Strip 5 in 1
Nitrato y Nitrito	Test strip for Nitrate Nitrite HACH
Fosfato	Test strip for Phosphate HACH
Amonio	Test strip for Ammonia HACH
Arsénico	Hach Arsenic Test Kit HACH
В	acteriológico
Coliformes totales	Presencia/ausencia PathoScreen HACH
Escherichia coli	Readycult Coliforms (segundo muestreo)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ubicación de las fuentes de agua y factores de riesgo. Las 20 fuentes de agua por comunidad corresponden a: Las Parcelas (1), Capulines (1), Paniquines (2), Pueblo Nuevo (1), Playones (1), Kilaquita (1), Santa Rita (1), Virgen de Hato (2), El Manguito (1), El Tintal (2), Los Portillos (1), Las Salinas (1), Campirano (2), Sasama (2), Pedro Pablo (1), las cuales suministran agua a un aproximado de 1 496 familias (5 760 personas). Doce fuentes corresponden a pozos perforados, la mayoría abastece mini acueductos por bombeo eléctrico, presentan infraestructura de concreto y cerca de protección; ocho son pozos excavados a mano ubicados en patios de las viviendas, la mayoría con brocal, bomba de mecate y delantal, pero algunos carecen de delantal. En varias de las fuentes (Figuras 2 y 3) se observaron factores de riesgo, tales como desechos orgánicos e inorgánicos, áreas de cultivo donde se usan agroquímicos, animales domésticos, charcas y aguas grises.



Figura 2. Pozo perforado, comunidad Campirano Norte.



Figura 3. Pozo excavado a mano, comunidad Paniquines.

Los valores obtenidos de la evaluación de parámetros físico – químicos en agua de los pozos perforados (Cuadro 2 y 3) y excavados a mano (Cuadro 4), indican que el agua de la mayoría de las fuentes es aceptable para el consumo, ya que están por debajo del Valor Recomendado o Máximo Admisible establecidos en la Norma regional CAPRE (1994) y/o las Guías de Calidad de Agua de la OMS (WHO, 2018). Según la WHO (2018, p. 8), "puede haber numerosos productos químicos en el agua de consumo humano; sin embargo, solo unos pocos representan un peligro inmediato para la salud en alguna circunstancia determinada". Pero, es necesario analizar el comportamiento de ciertos parámetros que a mediano a largo plazo pueden representar riesgo para la salud de los habitantes que utilizan el agua de las fuentes estudiadas.

Dureza. El 20 % de las fuentes de agua presentan valores de dureza igual o mayor a los 400 mg/L, que es el Valor Recomendado por la Norma regional CAPRE (1994). La dureza en el agua se debe a una alta concentración de varios compuestos, principalmente carbonatos de calcio y magnesio. Aunque no hay consenso en cuanto a los efectos perjudiciales de consumir aguas duras; Mora et al. (2000) reportan una correspondencia entre los cálculos en las vías urinarias y su relación con el consumo de calcio en el agua de bebida en comunidades rurales de Costa Rica, concluyendo que el consumo prolongado de aguas que presentaban concentraciones mayores de 120 mg/l de CaCO3 (carbonato de calcio), representa un factor de riesgo para el padecimiento de este tipo de enfermedad. Un punto a dar seguimiento es el consumo de aguas muy duras por parte de las personas que trabajan en el campo; según la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Boston (2009), es conocido que los cálculos renales ocurren más comúnmente en personas que trabajan a altas temperaturas ambientales, por lo que puede haber un mayor riesgo de padecer este problema y posiblemente está relacionado con la Enfermedad Renal Crónica en Nicaragua.

Partiendo del principio de precaución, que exige en caso de amenaza a la salud y en una situación de incertidumbre científica se requiere tomar las medidas apropiadas para prevenir el daño, analizar opciones de tratamiento del agua que reduzcan la dureza del agua. Rodríguez y Rodríguez (2010), "recomienda el pre-tratamiento de las aguas muy duras aplicando la técnica de ablandamiento con Cal - Soda, para reducir la dureza temporal y la dureza permanente, respectivamente" (p. 26).

Por otro lado, su uso afecta actividades domésticas y de aseo personal; según Rodríguez y Rodríguez (2010) el agua dura no produce espuma con el jabón por lo que dificulta la limpieza, formando un residuo duro y grisáceo en las superficies, telas, piel y cabello cuando se realiza el lavado.

Cuadro 2. Resultado de parámetros evaluados en pozos perforados en comunidades de El Viejo - Chinandega

									5				
	Caj	oulín	Las Pa	arcelas	Man	guito	Las S	alinas	Pueblo	Nuevo	Los Pl	ayones	VR
Análisis													(VMA)
	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	
Dureza (ppm)	425	425	425	400	330	180	180	80	310	330	330	330	400
Alcalinidad (ppm)	210	210	240	240	210	150	150	100	210	180	180	150	
pН	7.2	7.4	7.7	7.8	7	7.2	7	7	7	6.7	7.2	7.2	6.5-8.5
Sólidos totales	940	885	1275	1115	425	412	213	141	383	316	385	335	(1000)
disueltos (ppm)													
Conductividad	-	1240	1830	1620	606	590	306	205	550	445	550	478	400
eléctrica (uS/cm)													
Salinidad (ppm)	1350	580	915	812	290	281	143	94	260	213	248	227	
Nitrato (ppm)	0	5	0	0	2	0	2	0	1.5	3	2	2	25 (50)
Nitrito (ppm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(1)
Fosfato (ppm)	30	5	50	5	15	5	20	5	30	10	30	10	(30)
Amonio (ppm)	0.25	0	1	3	0.25	0	0.25	0	0.25	0	0.25	0.25	0.05
													(0.5)
Arsénico (ppb)	0	-	0.01	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0 (0.01)
Coliformes	No	Si	Si	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	0
Escherichia coli	-	Si	-	Si	-	No	-	No	-	Si	-	Si	0

VR: Valor recomendado, (VMA): Valor Máximo Admisible, Normas CAPRE/OMS, * los valores están en mg/L, excepto la conductividad que se expresa en microSiemens por centímetro (uS/cm) y Arsénico en partes por billón (ppb).

Cuadro 3. Resultado de parámetros evaluados en pozos perforados en comunidades de El Viejo - Chinandega

	•									_			
Análisis	Santa	a Rita	Kila	akita	Camp	oirano	Virg	en de	Loma	Burro -	Sas	ama	VR
					No	rte	H	ato	Sas	sama			(VMA)
	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	
Dureza (ppm)	180	80	80	180	400	330	180	180	330	180	330	180	400
Alcalinidad (ppm)	150	60	60	150	240	210	210	150	210	150	210	150	
pН	6.7	6.6	6.5	6.8	7.2	7.3	7.1	7.4	7.3	7.4	7.1	7.7	6.5-8.5
Sólidos totales	259	142	138	232	443	470	280	368	242	250	212	260	(1000)
disueltos (ppm)													
Conductividad	377	206	145	334	634	477	400	527	346	358	310	345	400
eléctrica (uS/cm)													
Salinidad (ppm)	170	156	89	156	303	325	190	227	166	170	139	163	
Nitrato (ppm)	0.5	3	3	0	10	15	3	5	7	10	3	2	25 (50)
Nitrito (ppm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.15	0	(1)
Fosfato (ppm)	20	30	5	5	30	5	20	5	50	15	30	5	(30)
Amonio (ppm)	0.25	0.25	0.25	0	0.25	0	0.25	0	0.25	0	0.25	0	0.05
													(0.5)
Arsénico (ppb)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0 (0.01)
Coliformes	No	No	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	No	Si	No	0
Escherichia coli	-	Si	-	Si	-	Si	-	Si	-	Si	-	Si	0

VR: Valor recomendado, (VMA): Valor Máximo Admisible, Normas CAPRE/OMS, * los valores están en mg/L, excepto la conductividad que se expresa en microSiemens por centímetro (uS/cm) y Arsénico en partes por billón (ppb).

Como puede apreciarse en los Cuadros 2 y 3, en siete de los 12 pozos perforados, se encontró que el valor de la conductividad eléctrica está por encima del Valor Recomendado; sin embargo, tanto en la Norma regional CAPRE (1994), así como en la Guías de Calidad de Agua de la OMS (WHO, 2018), no se hace referencia a un valor máximo admisible, al parecer porque a la fecha no se ha establecido

relación con enfermedades de origen hídrico. Asimismo, resalta el hecho de que en el muestreo de julio alrededor de la mitad de estos pozos no mostraron presencia de bacterias del tipo coliformes, pero en el muestreo de noviembre en la mayoría se encontró contaminación por coliformes y *E. Colli*.

Cuadro 4. Resultado de parámetros evaluados en pozos excavados a mano en comunidades de El Viejo, Chinandega

	Virge	n Hato	El Ti	intal	El Ti	ntal 2	Panio	luines	Paniq	uines 2	Los Po	ortillos		pirano	Pedro	Pablo	VR*
Análisis													No	orte			(VMA)
	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	Jul	Nov	
Dureza (ppm)	330	330	425	330	330	330	330	330	280	180	180	180	400	330	330	330	400
Alcalinidad (ppm)	210	150	210	210	210	210	210	210	180	180	150	200	240	210	210	210	
pН	7	7.1	7.2	7.6	7.2	7.2	7.7	7	7	7	7	7.3	7.2	7.2	7	7.4	6.5-8.5
Sólidos totales	410	1022	805	667	401	620	527	578	383	350	272	420	546	590	244	431	(1000)
disueltos (ppm)																	
Conductividad	586	1463	1145	951	575	882	753	803	549	498	341	603	783	851	358	603	400
eléctrica (Us/cm)																	
Salinidad	280	718	566	461	274	427	365	387	260	242	185	291	376	414	167	295	
Nitrato (ppm)	2	15	3	2	3	10	5	5	15	5	2	3	10	5	5	3	25 (50)
Nitrito (ppm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(1)
Fosfato (ppm)	15	0.5	15	5	20	5	30	5	22	5	20	5	30	5	30	5	(30)
Amonio (ppm)	0.25	0	0.25	0	0.23	0	0.25	0.25	0.3	0.25	0.25	0	0.25	0	0.25	0	0.05 (0.5)
Arsénico (ppb)	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
Coliformes	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	
Escherichia coli	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	SI	-	-		SI	

VR: Valor recomendado, (VMA): Valor Máximo Admisible, Normas CAPRE/OMS, * los valores están en mg/L, excepto la conductividad que se expresa en microSiemens por centímetro (uS/cm) y Arsénico en partes por billón (ppb).

En el Cuadro 4 se aprecia que en los pozos excavados a mano se encontró que al igual que en los pozos perforados el valor de la conductividad eléctrica está por encima del Valor Recomendado. De igual manera, es notorio que en los dos muestreos se registró contaminación por coliformes y *E. Colli*.

Conductividad y salinidad. La mayoría de las fuentes presentan valores de conductividad por encima del valor recomendado, expresado en microSiemens por centímetro (400 uS/cm); asimismo, en varias se presentaron valores altos de salinidad, lo cual indica una relación estrecha entre estos parámetros. Tal como plantea Zhen (2009), la conductividad es un indicador de infiltración de aguas salinas (sencillo, rápido y barato). En este sentido, se puede decir que los valores altos de conductividad se relacionan con la intrusión de aguas salinas, considerando que varias de las comunidades están cercanas a la costa y la mayoría de las fuentes se encuentran por debajo de 40 metros sobre el nivel del mar (msnm). A futuro, sería recomendable investigar si la invasión del agua de mar en los acuíferos cercanos a la costa también está vinculada al bombeo excesivo de agua, puesto que en los alrededores de las fuentes estudiadas se realiza el riego de amplias áreas de cultivo de caña de azúcar y/o hay granjas de cultivo de camarón.

Nitrato, nitrito y amonio. En la mayoría de las fuentes se registra nitrato por debajo de nivel recomendado (25 mg/L) y amonio (en al menos uno de los muestreos) por debajo del nivel máximo admisible (0.5 mg/L); sólo en una fuente se detectó nitrito por debajo del nivel máximo admisible (1 mg/L). Esto puede estar relacionado con la presencia de letrinas, estiércol y el uso de fertilizantes nitrogenados en áreas de cultivo aledañas. Según la OMS (2018, p. 466), "el nitrato puede llegar tanto a las aguas superficiales como a las subterráneas debido a la actividad agrícola (incluida la aplicación excesiva

de fertilizantes nitrogenados inorgánicos y estiércol), a la disposición de aguas residuales y a la oxidación de desechos nitrogenados en excretas humanas y de animales". Parte de la importancia de las sustancias nitrogenadas en el agua, tiene que ver con la dinámica de este elemento; cuando se ingiere agua con nitratos, éstos se transforman en nitritos en el intestino, los cuales se pasan a la sangre y ahí oxidan al hierro de la hemoglobina. En particular, "se debe evitar que los niños menores de seis meses consuman agua con nitritos por encima del Valor Máximo Admisible, para proteger contra la metahemoglobinemia inducida por nitrito tanto de fuentes endógenas como exógenas a los lactantes alimentados con biberón" (OMS, 2018, p. 467).

Fosfatos. En todas las fuentes se detectó la presencia de fosfatos en el agua por debajo del nivel máximo admisible (30 mg/L). Aunque no se reporta efectos perjudiciales a la salud de las personas por el consumo de agua con este compuesto, interesa conocer la manifestación de este compuesto en el agua en vista que es un indicador de contaminación. De acuerdo con el CAWST (2013), el fosfato es usado en fertilizantes agrícolas, en dentífricos y detergentes. Agregar niveles elevados de fosfato al entorno natural puede tener consecuencias ecológicas significativas. En este sentido, al igual que las sustancias nitrogenadas, el origen del fosfato en el agua parece estar relacionado con el uso fertilizantes y la descomposición de la materia orgánica en áreas de cultivo aledañas, así como, del arrastre de aguas grises proveniente de lavanderos y baños ubicados cerca de las fuentes.

Coliformes y Escherichia coli. En el muestreo de julio, alrededor del 75 % de las fuentes se encontró contaminación por bacterias del grupo coliformes, mientras que en el mes de noviembre el 85 % de las fuentes presentó contaminación por coliformes y E. Colli, lo cual indica que el consumo de

agua de dichas fuentes representa un riesgo para la salud, ya que estos organismos son responsables de enfermedades gastrointestinales, principalmente en grupos vulnerables. Según la OMS (2018, p. 2) "los que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños pequeños, las personas debilitadas y los adultos mayores".

El segundo muestreo realizado en noviembre (23 y 24) se hizo posterior al paso de los huracanes Eta (5 de noviembre) y Iota (17 de noviembre) que impactaron en la Región del Caribe Norte de Nicaragua, pero que generaron precipitaciones torrenciales en la mayor parte del país. Al parecer, las fuertes lluvias originadas por estos huracanes causaron el arrastre de bacterias de los grupos Coliformes y E. colli hacia la fuente, provenientes de letrinas o estiércol ubicado aguas arriba de las fuentes y áreas aledañas. De acuerdo con la OMS (2018, p. 31), "la Escherichia coli proporciona pruebas concluyentes de reciente contaminación fecal y no debe estar presente en el agua de consumo humano". Por su parte, Martínez-Santos et al. (2017), indican que las fuentes de agua mejoradas pueden proporcionar algún tipo de protección adicional sobre los pozos domésticos, pero también es igual de probable que se contaminen si están sujetas a una carga contaminante significativa.

Como puede apreciarse, la calidad del agua para consumo en las comunidades estudiadas se ve afectada por la contaminación de los acuíferos, procedente de factores de riesgo alrededor de las fuentes. Tal como plantean Montenegro y Jiménez (2009), las aguas subterráneas en la planicie de Occidente se presentan en un manto acuífero somero que ha sido contaminado desde la zona no saturada, desde los pozos excavados artesanalmente, o desde los ríos que han recibido la escorrentía superficial de los campos de cultivo.

La situación descrita refleja la necesidad de tratar el agua de consumo, ya sea mediante el uso de filtro o clorando el agua para consumo en el hogar. Al respecto la OMS (2018, p. 168), plantea que "el abordaje del tratamiento domiciliario del agua tiene el potencial de impactar de manera positiva y rápida en la salud donde no hay posibilidades de tener agua entubada y las personas dependen de fuentes de agua que podrían estar contaminadas". En el caso de las fuentes con aguas muy duras y/o con influencia de aguas salinas, una respuesta a mediano plazo podría ser la construcción de pozos perforados de mayor profundidad donde no haya incidencia

de la contaminación. Según Delgado y Martinez (2003), como se citó en Montenegro y Jiménez (2009), la dinámica del acuífero profundo, basado en la infiltración desde la elevación de la cordillera de los Maribios, posibilita a través de pozos perforados mecánicamente, acceder a agua de mejor calidad.

Partiendo de los resultados obtenidos, se ve la necesidad de elaborar un Plan de Seguridad del Agua (PSA) para cada fuente, a fin de garantizar la aplicación de buenas prácticas de abastecimiento de agua de consumo humano. La OMS (2018, p. 54) establece que los principales objetivos de un PSA son la "prevención o minimización de la contaminación en las fuentes de agua, la reducción o eliminación de la contaminación a través de procesos de tratamiento y la prevención de la contaminación durante el almacenamiento, la distribución y la gestión del agua".

CONCLUSIONES

La evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, mediante los métodos de observación y kit portátil permitió generar información del estado de la calidad del agua en las fuentes de agua, de manera rápida y relativamente económica, así como los supuestos acerca de las causas de la contaminación.

Los valores obtenidos de la evaluación de parámetros físico – químicos indican que el agua de la mayoría de las fuentes de agua es aceptable para el consumo, en vista que están por debajo del valor recomendado o máximo admisible establecidos en las Normas de calidad del agua para consumo humano (Norma regional CAPRE) y las Guías para la calidad del agua de consumo humano de la Organización Mundial de la Salud (WHO). Sin embargo, para reducir los altos valores de dureza y salinidad en algunos de las fuentes, es pertinente valorar alternativas de tratamiento del agua, adecuadas al contexto.

La mayoría de las fuentes presentó contaminación por bacterias del grupo coliformes y *E. Colli*, lo cual es un indicio de que el consumo de agua de dichas fuentes representa un riesgo para la salud, en vista de que estos patógenos son responsables de enfermedades gastrointestinales, principalmente en grupos vulnerables como son los bebes, niños pequeños y personas de la tercera edad.

Se requiere de la elaboración de un Plan de Seguridad del Agua (PSA) para cada fuente, a fin de garantizar la aplicación de buenas prácticas de abastecimiento de agua de consumo humano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Centro de Tecnologías Asequibles de Agua y Saneamiento (CAWST). (2013). *Manual Introducción al análisis de la calidad del agua de consumo*. https://www.pseau.org/outils/ouvrages/cawst_introduccion_al_analisis_de_la_calidad_del_agua_de_consumo_2013.pdf

Escuela de Salud Pública Universidad de Boston. (2009). *Informe Final de Estudio de Alcance Epidemiología de Enfermedad Renal Crónica en Nicaragua*. http://www.cao-ombudsman.org/cases/document-links/documents/03B_BU_FINAL_report_scopestudyCRI_Dec18_2009_SPANISH.pdf

- Fundación Internacional para el Desafío Económico Global FIDEG. (2012). Caracterización de 15 municipios pobres de Nicaragua. https://www.jica.go.jp/nicaragua/espanol/office/others/c8h0vm000001q4bc-att/31 caracterizacion.pdf
- Martínez-Santos, P., Martín-Loeches, M., García-Castro, N., Solera, D., Díaz-Alcaidea, S., Montero, E. y García-Rincón, J. (2017). A survey of domestic wells and pit latrines in rural settlements of Mali: Implications of on-site sanitation on the quality of water supplies. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 220 (7), 1179–1189
- Montenegro Guillén, S. y Jiménez García, M. (2009). Residuos de plaguicidas en agua de pozos en Chinandega, Nicaragua. *Revista Científica Universidad y Ciencia* (7), 37-45. https://repositorio.unan.edu.ni/2461/
- Mora Alvarado, D., Alfaro Herrera, N., Portuquez, C. y Peinador Brolatto, M. (2000). Cálculos en las vías urinarias y su relación con el consumo de calcio en el agua de bebida en Costa Rica. *Revista costarricense de salud pública, 9*(17). https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-1429200000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Norma Regional CAPRE. (1994). Normas de calidad del agua para consumo humano.https://www.ipsa.gob.ni/Portals/0/1%20 Inocuidad%20Alimentaria/Normativas%20Generales/ACTUALIZACION%20051217/Normas_oficiales_para_la_calidad_del_agua nicaragua.pdf
- Rodriguez, S. y Rodriguez, R. (2010). La dureza del agua. Universidad Tecnológica Nacional—Argentina. http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza agua.pdf
- World Health Organization. (2018). Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda.
- Zhen Wun, Y. (2009). Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008 [Tesis de maestría, Universidad Estatal a Distancia Costa Rica].



Producción de Biomasa en banco proteico de Quelite (*Cnidoscolus aconitifolium* (Mill)) y Marango (*Moringa oleífera* (Lam) Finca Las Mercedes, Nicaragua

Biomass production in protein banks of Quelite (*Cnidoscolus aconitifolium* (Mill)) and Marango (*Moringa oleífera* (Lam), farm Las Mercedes, Nicaragua

Olman José Narváez Espinoza¹, Lucilizabeth Pérez Rivera²

- ¹ MSc. Manejo y Conservación de los Recursos Naturales Renovables, Departamento de Manejo de Bosques y Ecosistemas, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3190-2210/onarvaez@ci.una.edu.ni
- ² Ing. Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Departamento de Gestión Ambiental, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0428-7841/lucilizabeth.perez@ci.una.edu.ni Universidad Nacional Agraria



RESUMEN

El cambio climático contribuye a la reducción en los valores de producción y rendimiento en los sistemas de producción de Nicaragua. El efecto debido a las variaciones en las precipitaciones y temperatura, afectan directamente la producción de alimentos, tanto para consumo humano, como animal. En el presente estudio se evaluó la producción de biomasa total y comestible, sobrevivencia y agentes biológicos que afectan las especies Quelite (Cnidoscolus aconitifolium (Mill) L.M) y Marango (Moringa oleífera (Lam)), como alternativa de alimentación animal en condiciones de trópico seco. El estudio se realizó en el Centro de Experimentación y Validación Tecnológico Finca Las Mercedes en Managua, Nicaragua. Estas especies, se establecieron en parcelas de 10.25 m² con el objetivo de evaluar la cantidad de biomasa producida, realizando dos podas durante un periodo de un año. La mayor producción de biomasa verde total la obtuvo Quelite, con 26 572 kg ha⁻¹ en la primera poda y en la segunda poda con 62 666 kg ha⁻¹. Esta misma especie mostró los mejores rendimientos de biomasa seca comestible en la primera y segunda poda con 3 954 kg ha-1 y 11 505 kg ha-1 respectivamente, la especie Marango mostró rendimientos en biomasa verde total en la primera poda de 8 951 kg ha-1 disminuyendo en la segunda poda a 5 350 kg ha-1. Los mayores porcentajes de sobrevivencia, en la primera poda fueron obtenidos por la especie Quelite con el 100 %. Cinco meses después esta misma especie mostró rendimientos de 98 %, siendo clasificados como muy buenos. El Marango mostró sobrevivencia de 95 % y 79 %. Los agentes biológicos encontrados no ocasionaron daños a las plantas de Quelite, pero en Marango fueron severos e incidieron en la producción de biomasa y sobrevivencia de las plantas.

Palabras clave: especies forrajeras, biomasa comestible, biomasa seca comestible.

ABSTRACT

Climate change is contributing to the decrease in the production and crop yield of Nicaraguan farmers. The most damaging effect, due to variations in rainfall and temperature, affects food production directly, both for human and animal consumption. This study allowed the evaluation of total and edible biomass production, the survival rate and the identification of biological agents that affect the species Quelite (Cnidoscolus aconitifolium (Mill) LM), Marango (Moringa oleífera (Lam)), as an animal feed alternative under dry tropic conditions, at the Finca Las Mercedes Technological Experimentation and Validation Center, Managua. In order to evaluate the amount of produced biomass, each species was established in a 10.25m² plot and the collected data from two prunings over a period of a year. The species Quelite produced the highest amount of green biomass with 26 572 kg ha⁻¹ in the first pruning and 62 666 kg ha⁻¹ in the second pruning. This same species also produced the best edible dry biomass yields in the first and second pruning with 3 954 kg ha⁻¹ and 11 505 kg ha⁻¹ respectively, the Marango species had a green biomass production of 8 951 kg ha-1 in the first pruning, decreasing in the second pruning to 5 350 kg ha⁻¹. The highest percentages of survival in the first pruning were obtained by the Quelite species with 100 %. Five months later this same species presented yields of 98 %, being classified as very good. Marango presented survival rates of 95 % and 79 %. The biological agents found did not cause damage to the Quelite plants but in Marango they were severe and affected the biomass production and survival of the plants.

Key words: Forage species, edible biomass, dry edible biomass.

Recibido: 21 de octubre del 2021 Aceptado: 28 de julio del 2022



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 edgardo.jimenez@ci.una.edu.ni

egún Ramírez et al. (2010), en las últimas décadas, la temperatura y precipitación se han modificado como consecuencia del cambio climático, las proyecciones indican que los cambios se acentuarán en los próximos años. Esto trae algunos efectos

potenciales sobre el sector agropecuario de Nicaragua, ya que es sensible a cambios climáticos. Según los diferentes escenarios climáticos, el clima sufrirá variaciones severas en los próximos años, afectando la alimentación de muchos animales y personas (p. 26).

Según la Secretaría de Agricultura, Ganadería et al. (SAGARPA, 2019), un banco de proteína es un área compacta, sembrada con leguminosas forrajeras herbáceas, rastreras o erectas, o bien de tipo arbustivo, que se emplean para corte o pastoreo directo por rumiantes (bovinos, ovinos o caprinos), como complemento al pastoreo de praderas de gramíneas, principalmente en las regiones tropicales (p. 2).

Investigadores de la Universidad Nacional Agraria (UNA) en conjunto con estudiantes, han realizado extensas investigaciones de algunas especies forrajeras leñosas y no leñosas en diferentes modalidades tales como alimentación de ganado mayor y menor, pruebas de producción de follaje a diferentes densidades de siembra, diferentes tipos de fertilización y de cortas, producción de biomasa a diferentes densidades de siembra. Sin embargo, se tiene poca o ninguna información sobre la comparación de los grados de sobrevivencia y producción de biomasa total y comestible con otras especies promisorias como Quelite, lo que pone a disposición un ambiente de aprendizaje en estudiantes y docentes. El objetivo del estudio es investigar la producción de biomasa y los ciclos de podas en las condiciones climáticas y edafológicas de la zona en estudio. Además, se podrán compartir conocimientos sobre la producción de biomasa, agentes biológicos que la afectan y la adaptabilidad y comportamiento de nuevas especies para mejorar los niveles nutricionales en la alimentación animal con pequeños productores y así atenuar la carencia de alimento a base de pasto y concentrados, que eleva los costos y origina la disminución en la producción de ganado mayor y menor en la época seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El Centro de Experimentación y Validación Tecnológico Las Mercedes (CEVTFM) de la UNA, se encuentra ubicada en la ciudad de Managua en el kilómetro 11 de la Carretera Norte, entrada al Nuevo Carnic, cuenta con una extensión de 96 hectáreas, colinda al Sur con el Reparto Francisco Telémaco Talavera Siles, al Norte con la orilla sur del Lago de Managua, al Este con el Barrio El Rodeo y al Oeste con la Cooperativa Pedro Altamirano y la infraestructura del Nuevo Carnic. Su ubicación geográfica se sitúa entre 12°10′14′′ y 12°08′05′′ en latitud Norte y entre 86°10′22′′ y 86°09′44′′ de longitud Oeste (Villanueva, 1990).

Condiciones del sitio. Las condiciones promedio de lluvia varían entre los 200 mm y 700 mm. Generalmente se caracteriza por presentar una estación seca que va de noviembre hasta abril y otra lluviosa que va de mayo a octubre. Así mismo, la zona presenta variadas temperaturas que van desde 21 °C a 30 °C, con máximas de hasta 41 °C, esto varía en dependencia de la estación seca.

"Los suelos muestran una complejidad y heterogeneidad, son poco desarrollados y presentan capas endurecidas que conducen a diferentes secuencias texturales, han sido afectados por procesos de calcificación por la presencia de altos índices de carbonatos, valores altos de pH, alta cantidad de magnesio" (Villanueva, 1990, p. 40)

Diseño metodológico. Las semillas de Marango fueron obtenidas en el Centro de Experimentación y Validación Tecnológico Finca Las Mercedes, mientras que la especie Quelite se obtuvo de estacas de aproximadamente 60 cm de largo y de 2 a 4 cm, de diámetro, tomadas de árboles de cercas vivas en San Marco – Carazo, ubicado a 42 km al sur de Managua, Nicaragua.

Se seleccionaron estas especies principalmente por su alto contenido de proteínas, nutrientes, capacidad de soportar podas y adaptación a las variaciones climáticas (sequía y lluvia abundante), y porque en temporadas secas mantienen su vigorosidad en comparación al pasto (gramíneas), que como alimento tradicional en época seca pierde su calidad (lignificación), disminuyendo la producción en los animales.

Las especies se establecieron en un diseño de parcelas como banco de proteína de 3 m x 3.50 m y un marco de plantación de 0.25 m entre plantas y 0.75 m entre hileras, con 78 plantas por parcela, para un total de 156 plántulas. El diseño de plantación es el mismo para las dos especies.

Establecimiento del vivero. Se estableció un vivero temporal y se procedió al llenado de bolsas con sustrato compuesto por 60 % tierra y 40 % materia orgánica, con el objetivo de facilitar la germinación y crecimiento de las semillas de Marango y el prendimiento de las estacas de Quelite. Se sembraron 120 bolsas por especie para un total de 240 plantas.

Trasplante de plantas. Las plantas de Marango con un tamaño entre 20 cm y 25 cm y prendimiento asegurado con 2 a 3 rebrotes en el caso del Quelite, se trasladaron al sitio de investigación estableciéndose en un diseño de parcelas de 3 m x 3.50 m, y una densidad poblacional de 78 plantas por parcela. El diseño de plantación es el mismo para las dos especies.

Registro de información. Se usó un formulario de campo para anotar mediciones de altura de la planta en metro, diámetro en centímetro y números de rebrotes por especie, las plantas seleccionadas para las mediciones se sitúan dentro de la parcela útil.

Las mediciones se realizaron cada 15 días desde que las plantas fueron establecidas en el área de estudio, la primera poda se realizó a los seis meses de establecido y la segunda poda seis meses después de haberse realizado la primera poda. Una vez tomados los datos de campo, se procedió a realizar la base de datos en el programa de Microsoft Excel para luego hacer su debido análisis.

Variables evaluadas. Se registró información sobre diámetro (cm), altura de rebrotes (cm), número de rebrotes, biomasa verde total en kg ha-1, biomasa seca total (kg ha-1), biomasa verde comestible en kg ha-1 y sobrevivencia (%), con el fin de determinar el mejor rendimiento por especie. Se utilizaron los siguientes equipos de medición: cinta métrica, vernier marca TRUPER y pesa colgante digital graduada en kilogramos marca T. Scale.

Biomasa verde total (kg ha⁻¹). A los seis meses de haber establecido las plantas en el banco de proteína se realizó la primera poda, utilizando los criterios para Marango de: podarse cuando la planta haya alcanzado los 120 cm de altura y para Quelite, cuando sus hojas inferiores se vuelven amarillas.

La segunda poda se realizó seis meses después de la primera poda. Según Muñoz y Juárez (2016) para realizar la poda las plantas deben alcanzar una altura mayor a los 100 cm, similar a la del estudio.

Se separó y se pesó el material vegetal de cada especie en tres componentes tallo, hojas y ápice. Una vez que se obtuvo el peso verde en kilogramo de la parcela útil (5.25 m²), se extrapoló a kilogramos por hectárea mediante la ecuación, la cual se deriva de una regla de tres simple:

Dónde:

PVP kg = peso verde de la parcela. 5.25 m^2 = área de parcela útil.

Biomasa seca total (kg ha⁻¹). Se tomaron dos muestras de 300 gramos de la biomasa verde por cada uno de los componentes (tallo, hojas y ápice) por especie, para un total de 900 gramos por componente. Cada muestra fue trasladada al Laboratorio de Recursos Naturales de la Universidad Nacional Agraria, donde se secaron en horno a una temperatura de 70 °C, hasta obtener un peso seco constante, y luego calcular un promedio por componente.

Con el peso seco promedio por componentes, se calculó el porcentaje de humedad de cada uno de los componentes aplicando la fórmula de Walker (2010).

$$CH\% = [(Ph-Ps)/Ph]*100$$

Dónde:

CH% = Contenido de humedad de la muestra en porcentaje.

Ph = Peso húmedo de la muestra (kg)

Ps = Peso seco de la muestra (kg)

Una vez calculado el porcentaje de humedad de los componentes, se determinó la biomasa seca total contenida en las parcelas por especie (Domínguez-Cabrera, *et al.*, 2009).

Bsc= Phc- [(Phc x CH
$$\%$$
) /100]

Dónde:

Bsc = Biomasa seca del componente (kg)

Phc = Peso húmedo del componente (kg)

CH% = Porcentaje de humedad del componente

Biomasa verde comestible (kg ha⁻¹). Para la especie Marango, se utilizó hojas y ápice, no se tomó en cuenta el tallo, debido a que este se lignifica y no puede ser consumido por el animal debido a su dureza.

Para la especie de Quelite, se utilizaron como biomasa comestible sus tres componentes (hojas, tallo y ápice), ya que al realizarle podas periódicas, el tallo permanece suculento y no se lignifica y el animal puede consumirlo sin problema. Una vez que se obtuvo el peso verde comestible del material proveniente de la parcela útil (5.25 m²), se extrapoló a kilogramos por hectárea.

Sobrevivencia (%). La sobrevivencia fue determinada en base a la relación; número de plantas sembradas y el número de plantas vivas encontradas al momento de la primera y la segunda poda.

Se contabilizó el número de plantas vivas al momento de cada poda, y se calculó el porcentaje mediante la ecuación propuesta por Linares (2005).

% Sobrevivencia =
$$\left[\frac{Pv}{Pv+Pm}\right] * 100$$

Donde:

Pv = Plantas vivas

Pm = Plantas muertas

La evaluación de la sobrevivencia se obtuvo mediante el número de las plantas que sobrevivieron respecto a las plantas efectivamente plantadas. Para su análisis se utilizó las categorías empleadas por Centeno (1993).

Cuadro 1. Categoría de evaluación de sobrevivencia de plantas

Categoría	Porcentaje de
	sobrevivencia
Bueno	≥ 80
Regular	40 - 80
Malo	≤ 40

Fuente: Centeno (1993).

Agente biológico. Se realizo monitoreo de forma periódica en la etapa de vivero y en los bancos de proteína, buscando insectos en las hojas, ápice y tallo de la planta, para luego proceder a su captura e identificación.

Una vez capturados se introdujeron en envase con alcohol al 70 % y luego se llevaron al Laboratorio de Entomología de la UNA, para ser identificados y conocer si perjudica o no a la planta (hábito alimenticio).

Diámetro (cm) y altura total (cm) como variables complementarias a la producción de biomasa (kg ha¹). El diámetro en el Marango se midió a cuatro centímetros del suelo, en el caso del Quelite se registró el diámetro del rebrote principal a una distancia de dos centímetros de la estaca, el Marango presentó rebrotes después de haber realizado la primera poda midiéndose luego el incremento del rebrote principal de la planta como se realizó en el Quelite. En el caso de la altura total en Marango, se midió desde el nivel del suelo hasta el ápice. En el Quelite se midió el rebrote principal desde su emergencia hasta el ápice. Las mediciones se realizaron con cinta métrica.

Procesamiento y análisis de datos. Se comprobó si los datos a analizar tenían distribución normal, sometiéndolos a una prueba de Shapiro Wilks, luego se procedió a realizar una prueba de ANOVA para diámetro, altura por especie y entre especie y por último se realizó una prueba de Tukey con un margen de error del 5 % para probar las diferencias de medias en el incremento de diámetro y altura por especie. El análisis se efectuó con el programa estadístico InfoStat (2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de rebrotes promedio de Quelite y Marango después de la primera poda. La cantidad promedio es de cuatro rebrotes por planta en la especie Quelite, en cambio previo a la segunda poda se contabilizan siete rebrotes.

La especie Marango después de la primera poda, mostró un promedio de dos rebrotes por planta.

El crecimiento de las plantas es importante para conocer su evolución y la influencia de los diferentes factores ambientales y de cultivo sobre su crecimiento y desarrollo, facilitando la evaluación entre las dos especies y poder determinar cuál produce los mayores rendimientos, destacándose en estas condiciones edafoclimáticas la especie Quelite.

Biomasa verde total (kg ha⁻¹). La producción de biomasa verde total fue obtenida de la sumatoria de los tres componentes de las plantas podadas (tallo, hojas y ápice).

La mayor producción de biomasa verde total en la primera poda la obtuvo la especie de Quelite con 26 572 kg ha⁻¹ superior al obtenido por Pineda (2017), que registró 16 000 kg ha⁻¹ de biomasa verde y a lo obtenido por Moreno (2005), de 9 491 kg ha⁻¹ en su primera poda, en la comunidad de Pacora San Francisco Libre, Managua, en condiciones climáticas similares a la de este estudio.

La producción de biomasa verde del Marango (M. oleífera (Lam)) fue de 8 952 kg ha⁻¹ superior al estudio realizado por Meza *et al.* (2016), que obtuvo un promedio de 7 151 kg ha⁻¹ con temperatura promedio de 27 °C, pero la producción es inferior a la obtenida por Moreno (2005), que es de 15 991 kg ha⁻¹ en su primera poda.

En la segunda poda la mayor producción de biomasa verde total la obtuvo la especie de Quelite con 62 666 kg ha⁻¹ valor que duplica la producción de la primera poda, debido a la edad de la plantación (12 meses), lo que implica un mayor número de rebrotes y raíces que conlleva a una mayor producción de biomasa.

La producción de biomasa verde de Marango fue de 5 350 kg ha⁻¹.

Producción de biomasa seca total (kg ha⁻¹). La mayor producción de biomasa seca total en la primera poda corresponde al Quelite, con 3 954 kg ha⁻¹. La producción de Marango fue de 2 099 kg ha⁻¹ menor a lo obtenido por Pan (2016), quien reporta una producción de 9 330 kg ha⁻¹ en un período de 45 días de producción de biomasa seca con una densidad de siembra de 4 444 plantas ha⁻¹, los resultados en la producción de biomasa seca total de Marango también son inferiores a los obtenido por Moreno (2005), que registra 4 181 kg ha⁻¹ en su primera poda.

En la segunda poda la mayor producción a partir de 50 cm del suelo también es registrada por la especie Quelite con 11 505 kg ha⁻¹, superior al obtenido por Moreno (2005) que obtuvo 5 817 kg ha⁻¹, en un estudio con las mismas especies y densidad de siembra en Pacora San Francisco Libre, Managua; la producción supera a los datos registrados por Molina *et al.* (2003) quienes obtuvieron una producción igual a 7 000 kg ha⁻¹.

La especie Marango mostro rendimientos de 1 263 kg ha⁻¹ inferior a lo obtenido por Moreno (2005), que fue de 6 740 kg ha⁻¹.

Cuadro 2. Biomasa verde total y por componente (kg ha⁻¹) según especie y momento de poda

Especies	P	rimera po	oda (kg ha	-1)	S	egunda p	oda (kg h	a-1)
	Tallo	Hoja	Ápice	BST	Tallo	Hoja	Ápice	BST
Quelite	2 030	1 429	495	3 954	7 619	2 266	1 219	11 505
Marango	1 467	537	95	2 099	724	482	57	1 263

BST: Biomasa seca total

Cuadro 3. Biomasa verde comestible y por componente (kg ha⁻¹) según especie y momento de poda

Egnapies	P	rimera p	oda (kg h	a-1)	Segunda poda (kg ha-1)				
Especies	Tallo	Hoja	Ápice	BVT	Tallo	Hoja	Ápice	BVT	
Quelite	15 619	7 143	3 810	26 572	40 57	13 333	8 762	62 666	
Marango	6 285	2 286	381	8 952	2 95	2 191	207	5 350	

BVC: Biomasa verde comestible

La disminución en la producción de biomasa entre la primera y segunda poda para el Marango se debió a que la planta pasó por un estrés hídrico en un momento determinado y los agentes biológicos continuaron los ataques afectando su vigorosidad y productividad, el Quelite se sobre puso a estas adversidades.

Biomasa verde comestible (kg ha¹). La producción de biomasa verde comestible para la especie Quelite, en la primera y segunda poda, fue obtenida de la sumatoria de sus tres componentes (hojas, ápices y tallos), material que puede ser consumido cuando se realizan podas periódicas que permite que sus tallos sean suculentos y suaves; en cambio para la especie Marango solo fueron tomados los componentes hojas y ápice, debido a que el tallo se lignifica y no puede ser consumida por el animal.

La especie con mayor producción de biomasa verde comestible en la primera poda fue el Quelite con 26 572 kg ha¹, superior al obtenido por Pineda (2017), que registró 16 000 kg ha¹ de biomasa comestible. En la especie de Quelite, todos los componentes (tallo, hoja y ápice) son comestibles. La producción de biomasa verde comestible de Marango fue de 2 667 kg ha¹¹, mucho menor, debido a que solo es comestible el ápice y el follaje.

En la segunda poda la especie Quelite continuó mostrando la mayor producción de biomasa verde comestible con 62 666 kg ha⁻¹, superando a los resultados de Moreno (2005), que registró 25 553 kg ha⁻¹, también supera al estudio realizado por Molina *et al.* (2003), quienes obtuvieron 11 966 kg ha⁻¹, esto está relacionado por las características o virtudes de la especie Quelite, especie que produce gran cantidad de follaje y mayor número de rebrotes, permitiendo obtener una mayor producción.

La especie Marango obtuvo 2 398 kg ha⁻¹ de biomasa verde comestible en la segunda poda siendo bastante similar a

Cuadro 4. Biomasa seca total y por componente (kg ha⁻¹) según especie y momento de poda

Especies	Pri	mera po	da (kg h	a ⁻¹)	Se	gunda po	da (kg ha	⁻¹)
Especies	Tallo	Hoja	Ápice	BVC	Tallo	Hoja	Ápice	BVC
Quelite	15 619	7 143	3 810	26 572	40 571	13 333	8 762	62 666
Marango	6 285	2 286	381	2 667	2 952	2 191	207	2 398
DITTE D:								

BVT: Biomasa verde total

la primera poda, esto debido a que en la segunda poda el Marango, sufrió una mortalidad del 20 %, provocando su baja producción.

Sobrevivencia (%). Se registró a los seis meses de establecido el experimento, el Quelite obtuvo 100 % de sobrevivencia, en cambio, el Marango mostro 95 %. Moreno (2005) observó sobrevivencia para Quelite de 83 % y 100 % en el caso del Marango en la zona de San Francisco Libre, Managua. En las primeras etapas de desarrollo ambas especies tienen la misma capacidad para contrarrestar las condiciones edafoclimáticas, pero aún no se presenta el ataque de los agentes biológicos en el sitio de estudio, mostrando altos porcentaje de sobrevivencia.

En la segunda poda el Quelite mostró un 95 % de sobrevivencia y el Marango 75 %, en ambos casos la sobrevivencia es inferior a la obtenida en la primera poda. El Marango fue severamente atacado por zompopo y al podarse la planta no respondió como el Quelite al estrés, es por lo que el porcentaje de sobrevivencia fue superior en la especie Quelite.

Borges (2012) realizó estudios con la especie Quelite en diferentes condiciones, bajo sombra y bajo luz, presentando sobrevivencias que corresponden al 30 % bajo sombra y 70 % bajo luz, el promedio de sobrevivencia no representó ni el 60 %, los datos de sobrevivencia obtenidos en la Finca Las Mercedes, superan los valores referidos en el estudio realizado por Borges (2012).

Al evaluar la especie de Quelite y presentar el mayor porcentaje de sobrevivencia, mayor rendimiento de biomasa verde, comestible y seca, sumado a sus características fisiológicas que la hacen ser tolerante a podas frecuentes y la capacidad de soportar periodos largos de sequías, se convierte en una especie prometedora para solucionar los problemas de alimentación animal y como estrategia ante el cambio climático.

Cuadro 5. Sobrevivencia de Quelite y Marango a un año de establecido y momento de poda

Especies	Sobreviv	rencia en %	C-1/-
	Primera poda	Segunda poda	Categoría
Quelite	100	95	Bueno
Marango	95	75	Bueno - Regular

Agentes biológicos. En el banco de proteína de Quelite se identificaron los siguientes agentes biológicos, Cochinilla encontrado en el tallo y Chapulín patón, gusano cachón, araña ojona, abejorro azulado (Cuadro 6), estos se encontraron en el follaje. Ninguno de estos insectos le causó daño severo a la planta, a pesar de ser en su mayoría de hábito alimenticio forrajero, esto fue posible debido a que se observó depredación por parte de la araña ojona, estableciéndose un control natural (biológico).

En el Marango, el único insecto encontrado fue el zompopo, este insecto defoliador no mata la planta, pero limitó su crecimiento ocasionando baja producción de biomasa durante la segunda poda.

Moreno (2005) estudiando estas especies, identificó que la especie Quelite es afectada severamente por el hongo *Puccinia sp* y que el Chapulín (*Dichroplus sp*) estuvo presente en ambas especies. En la finca Las Mercedes no se registró presencia del hongo *Puccinia sp*, obteniendo mejor resultado en su producción de biomasa y sobrevivencia e indicando que en diferentes zonas y condiciones edafoclimáticas, atacan diferentes agentes biológicos, información relevante para tomar decisiones y recomendaciones.

Cuadro 6. Agentes biológicos localizado en Quelite y Marango, finca Las Mercedes

		Nombre científico	Nombre	Especie donde	Componente
Orden	Familia		Común	se encontró	
Lepidóptera	Sphingidae	Erinnyis ello	Gusano cachón	Quelite	Follaje
Hymenóptera	Formicidae	Atta sp	Zompopos	Marango	Follaje
Orthóptera	Tettigoniidae	Neocepholus sp	Chapulín patón	Quelite	Follaje
Orthóptera	Tettigoniidae	Katydids sp	Esperancita	Quelite	Follaje
Díptera	Dolichopodidae	Condylostylus sp	Mosca de patas larga	Quelite	Follaje
Hymenoptera	Halictidae	Haliptus sp	Abejorro azulado	Quelite	Follaje
Hyminoptera	Braconidae	Chelonus sp	Avispa parasitoide	Quelite	Follaje
Araneae	Araneidae	Araniella sp	Araña ojona	Quelite	Follaje
Hemiptera	Coccidae	Saissetia sp	Cochinilla	Quelite	Follaje
		•		•	Tallo

Diámetro (cm) y altura (cm) como variables complementarias a la producción de biomasa (kg ha⁻¹). Se registraron después de la primera poda con el objetivo de determinar el comportamiento de las dos especies al estrés

después de podas. En el caso del incremento en diámetro este resultó ser altamente significativo (p= 0.0001); los diferentes momentos de medición del diámetro de los rebrotes de la especie Quelite indican un incremento de 0.17 cm por mes.

Después de la primera poda el análisis indica que existen diferencias estadísticas entre la primera, segunda y cuarta medición del diámetro en la especie Quelite. Después de la primera poda en el caso del Marango se registran diferencias altamente significativas (p= 0.0019) y un aumento del diámetro en Marango de 0.14 cm por mes.

En el caso de la altura, los resultados indican que después de la primera poda existen diferencias altamente significativas entre las especies Quelite y Marango (p= 0.0001) y (p= 0.0002) y también diferencias estadísticas en el incremento de altura después de la primera poda en ambas especies, obteniendo un crecimiento de 29 cm por mes para Quelite y 22 cm por mes en el caso de Marango.

Estudios realizados por Cifuentes y Porres (2014), a los cuatro meses de haberse plantado el Quelite señalan que se acelera el crecimiento llegando a alcanzar hasta cinco metros de altura en el periodo de un año, también demostró que la planta tiene la capacidad de crecer entre 0.5 cm y 0.7 cm cada día (18 cm por mes), con densidades de plantación de 2 500 - 4 444 plantas por hectárea.

Según Moreno (2005), en la segunda poda el Marango alcanza mayor altura después de la primera poda con 36.6 cm por mes y el mayor diámetro promedio con 2.81 cm por mes, en este estudio el incremento en altura del Marango supera al incremento en altura del Quelite en 14.6 cm por mes.

CONCLUSIONES

La especie Quelite es la más apta para la producción de forraje para la alimentación animal en comparación con Marango y presenta mayor porcentaje de sobrevivencia.

Los agentes biológicos registrados no ocasionaron daños que pudieran influir en el crecimiento y producción de la biomasa del Quelite, pero sí mermó la producción de biomasa y la sobrevivencia en la especie Marango.

La especie Quelite puede ser considerada como una alternativa de alimentación animal en condiciones de trópico seco.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Borges Meneces, Y. J. (2012). *Cultivo de chaya (Cnidoscolus chayamansa) en traspatio* [Tesis de licenciatura, Universidad de Quintana Roo]. http://192.100.164.54/S/SB300.B67.2012-%2064979.pdf

Centeno, M. (1993). *Inventario Nacional de Plantaciones Forestales en Nicaragua* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. http://repositorio.una.edu.ni/877/1/tnk10c397.pdf

Cifuentes R. y Porres, V. (2014). La Chaya una planta muy nutritiva. Proyecto UVG-USDA-FFPr10. Centro de Estudios Agrícolas y Alimentarios, CEAA. Universidad del Valle de Guatemala. https://www.academia.edu/21175327/La_Chaya_Cnidoscolus_aconitifolius una planta muy nutritiva

Domínguez-Cabrera, G., Aguirre-Calderón, A., Jiménez-Pérez, J., Rodríguez-Laguna, R. y Díaz-Balderas, J. A. (2009). Biomasa aérea y factores de expansión de especies arbóreas en bosques del sur de Nuevo León. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 15(1), 59-64. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182009000100007

- InfoStat. (2019). Infostat versión libre. *Software Estadístico* [Software]. Infostat. https://www.infostat.com.ar/Linares, E. (2005). *Instructivo para determinar la supervivencia en plantaciones forestales*. MINAG.
- Meza-Carranco, Z., Olivares-Sáenz, E., Gutiérrez-Ornelas, E., Bernal-Barragán, H., Aranda-Ruíz, J., Vásquez-Alvarado, R. y Carranza-De la Rosa, R. (2016). Crecimiento y producción de biomasa de moringa (Moringa oleífera Lam.) bajo las condiciones climáticas del noreste de México. *Tecnociencia Chihuahua*, 10(3), 143-153. https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/177/140
- Molina, A., Cifuentes, R., Arias, C., Gómez, E., Manuel, R. y Castillo, B. (2003). Evaluación de cuatro selecciones de chaya (Cnidoscolus aconitifolius; Euphorbiaceae) dos niveles de defoliación en cuatro regiones de Guatemala, y aceptabilidad de sus hojas y cogollo en humanos (Proyecto FODECYT No. 45-99). http://glifos.senacyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt/%201999.45.pdf
- Moreno López, J. C. (2005). Evaluación de la producción de forraje de Moringa oleífera (Lam, Cnidoscolus aconitifolium (Mill) L.M. Johnst y Leucaena leucocephala (Lam) de Wit, para banco proteico en Pacora, San Franciso Libre, Managua [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. http://repositorio.una.edu.ni/1063/1/tnl02m843.pdf
- Muñoz, E. M. y Juárez, D. M. (2016). Producción de forraje de dos especies Marango (Moringa oliofera Lam.) y Leucaena (Leucaena leucocephala Lam De Wit.), en un sistema de cercas vivas durante la época seca en la finca santa rosa [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. http://repositorio.una.edu.ni/3390/1/tnk10m971.pdf
- Pan García, M. Z. (2016). Evaluación de especies arbustivas forrajeras con potencial para el diseño de estrategias de adaptación de los sistemas de producción ganadera al cambio climático en ecosistemas de bosque húmedo tropical [Tesis ingeniería, Universidad de la Salle]. Ciencia Unisalle. https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/267/
- Pineda, O. (2017). La Chaya (Cnidoscolus aconitifolium), un recurso forrajero no tradicional propio de la región tropical del país. https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/chaya-cnidoscolus-aconitifolium-recurso-t40133.htm
- Ramírez, D., Ordaz, J. L., Mora, J., Acosta, A. y Serna, B. (2010). *Nicaragua. Efectos del cambio climático sobre la agricultura*. CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25925/1/lcmexl964.pdf
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2019). Establecimiento y manejo de bancos de proteína. Sistema de Agronegocios pecuarios. https://www.academia.edu/30040396/Establecimiento y manejo de bancos de proteina
- Villanueva, E. (1990). Los suelos de la Finca las Mercedes y las propiedades más Relevante para planear su uso y manejo [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. http://repositorio.una.edu.ni/2589/1/tnp33v718.pdf
- Walker, J. C. F. (2010). Primary wood processing. Principles and practice (2nd. ed.). Springe

Morfofisiología del género Rhizophora en la Reserva Natural Isla Juan Venado, Pacífico de Nicaragua

Morphophysiological of the genus *Rhizophora* in the Juan Venado Island Nature Reserve, Pacific of Nicaragua

Claudia María Dolmus-Bustillo¹, José Ignacio García Plazaola², Beatriz Fernandez-Marin³

- ¹ Doctora en Agrobiología Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León)/ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7280-939X / claudia.dolmus@ct.unanleon.edu.ni
- ² Doctor en Ciencias Biológicas / Universidad del País Vasco, Euskal Herriko Unibertsitatea España (UPV/EHU) / ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6498-975X / Joseignacio.garcia@ehu.es
- ³ Doctora en Vegetal y Ecología / Universidad del País Vasco, Euskal Herriko Unibertsitatea España (UPV/EHU) / ORCID: https://orcid. org/0000-0001-9951-0489 / bfernanm@ull.es



RESUMEN

Los manglares son ecosistemas únicos que crecen en aguas salobres en las fronteras de los litorales tropicales; representan un enorme valor científico, ecológico, económico y cultural. En Nicaragua representan una gran fuente de recursos económicos para las poblaciones locales. Las especies más afectadas por la tala son Rizophora mangle L, Rhizophora harrisonii y Rizhophora racemosa G. Mey. Debido a que estas especies presentan características fenotípicas similares su separación como especie es difícil. Por lo que el objetivo de este trabajo fue diferenciar morfofisiológicamente las tres especies del género Rhizophora. Para llevar a cabo este estudio se utilizaron muestras foliares de las especies R. mangle, R. harrisonii Leechm y R. racemosa provenientes de la Isla Juan Venado. Se realizaron comparaciones morfológicas y análisis de pigmentos y tocoferoles. La actividad de los sistemas fotoprotectores, resultaron ser muy variables intraespecíficamente. El contenido total de tocoferoles fue muy diferente entre las tres especies siendo R. racemosa la de máxima concentración y R. harrisonii la de menor. El papel del y-tocoferol en la tolerancia a la salinidad podría ser responsable de las diferencias interespecíficas. La distinta composición en tocoferoles podría ser utilizada como parámetro bioquímico de distinción interespecífica.

Palabras clave: rhizophora, morfología, HPLC (High Performance Liquid Chromatography), tocoferoles.

Abreviaturas: A: Anteraxantina, Chl a: Clorofila a, Chl b: Clorofila b, cm: Centímetro, DAP: Diámetro a la altura del Pecho, E.S.: Error Estándar, Fv/Fm: Máxima eficiencia fotoquímica del PSII, HPLC: (High Performance Liquid Chromatography), Cromatografía Liquida de Alta Resolución, L: Luteína, Lx: Luteína epóxido, M: Molar, m: Metro, mm: Milímetro, N: Neoxantina, nm: Nanómetro,

ABSTRACT

Mangroves are unique ecosystems that grow in brackish waters on the borders of tropical coastlines; represent an enormous scientific, ecological, economic and cultural value. In Nicaragua they represent a great source of economic resources for local populations. The species most affected by logging are Rizophora mangle L, Rhizophora harrisonii Leechm and Rizhophora racemosa G. Mey. Because these species have similar phenotypic characteristics, their separation as a species is difficult. Therefore, aims to this work was to morphophysiologically differentiate the three species of the genus Rhizophora. The foliar samples of the species R. mangle, R. harrisonii and R. racemosa from Juan Venado Island were used. Morphological comparisons and analyzes of pigments and tocopherols were performed. The activity of the photoprotective systems turned out to be highly variable intraspecifically. Total tocopherol content was very different among the three species, with R. racemosa being the highest concentration and R. harrisonii the lowest. The role of y-tocopherol in salinity tolerance could be responsible for the interspecific differences. The different tocopherol composition could be used as a biochemical parameter for interspecific distinction.

Keywords: Rhizophora, morphology, HPLC (High Performance Liquid Chromatography), tocopherols

Recibido: 14 de marzo del 2022 Aceptado: 7 de octubre del 2022



ppm: Partes por millón, Toc: Tocoferoles, V: Violaxantina, Z: Zeaxantina, VAZ: Violaxantina, Anteraxantina y Zeaxantina, α -toc: Alfa-tocoferol, β -toc: Beta-tocoferol, δ -toc: Delta-tocoferol, y-toc: Gamma-tocoferol, μ l: Microlitro.

continente americano existen aproximadamente 10 especies de árboles de manglar (Field, 1995), estas especies pertenecen a las familias Avicenniaceae, Combretaceae, Pteridaceae y Rhizophoraceae. Algunas especies de mangle se pueden considerar especies ingenieras, ya que estabilizan el sustrato y áreas someras de las costas creando nuevos hábitats para otras especies animales y vegetales, si bien su crecimiento no se extiende mucho más allá de la línea de costa (Bossi y Cintron, 1989). De hecho, al ser un ecosistema dominado por especies leñosas, los manglares en Nicaragua representan una gran fuente de recursos económicos para las poblaciones locales donde las especies más afectadas por la tala son las especies del género Rhizophora.

Nicaragua por su posición geográfica posee manglares en sus dos costas, siendo siete especies arbóreas las que predominan: *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaerth. (mangle blanco), *Avicennia germinans* L., *Avicennia bicolor* Standl. (palo de sal), *Conocarpus erectus* L. (botoncillo), *Rhizophora mangle* L., *Rhizophora harrisonii* Leechm, y *Rhizophora racemosa* G. Mey, (mangle colorado)

A nivel mundial en el género *Rhizophora* se agrupan nueve especies (Tomlinson, 1999), este género está distribuido desde México hasta Ecuador, en el Caribe y en las costas de Brasil, en Nicaragua en la zona del Pacifico, podemos encontrar las especies *R. mangle*, *R. racemosa* y *R. harrisonii*, donde *R. mangle* domina en distribución ampliamente sobre las otras dos.

La descripción fenotípica generalizada para las especies R. mangle, R. harrisonnii y R. racemosa, nombrados comúnmente como mangles colorados, es que estas especies se caracterizan por ser árboles o arbustos de tierra litorales con numerosas raíces tipo aéreas, descendiendo de las ramas (Stevens et al., 2001). La altura de los árboles en este tipo de bosque oscila desde los 5-20 m de altura. Estas especies son vivíparas, lo que significa que la germinación ocurre cuando el embrión se encuentra todavía dentro del fruto y prendido del árbol progenitor (Sussex, 1975), llamándose propágulo al fruto con radícula. Rhizophora mangle, es común en pantanos costeros salobres y está distribuido en ambas costas (Stevens et al., 2001); Rhizophora harrisonii, esta especie es rara en manglares de la costa pacífica. La posición de R. harrisonii es morfológica y ecológicamente intermedia ente R. mangle y R. racemosa, lo que hace suponer su origen híbrido. Rhizophora racemosa no se ha diferenciado claramente de R. harrisonii; es una especie rara en manglares costeros, en sitios salobres. Rhizophora racemosa es una especie que la encontramos tierra adentro en los litorales del Pacífico de Nicaragua y Ecuador y desde el Caribe hasta Brasil (Stevens *et al.*, 2001).

Las características morfológicas que permiten diferenciar a *R. harrisonii* de *R. racemosa* se asocian con la longitud y ancho de la inflorescencia, el número de flores, pero sobre todo por los diferentes números ramificaciones que presentan entre las tres especies. Según Jiménez (1994), estas características son elementos genéticamente muy plásticos. En el campo es posible distinguir inflorescencia y hojas con las características de estos tipos, pero es más frecuente aún encontrar inflorescencia y hojas con una marcada mezcla de estas características, incluso en un mismo árbol. La ausencia de una clara diferenciación en las características diagnósticas de estas especies hace muy difícil su separación en el campo.

Al encontrar que las tres especies del género *Rhizophora* presentan en principio características fenotípicas similares, las cuales hacen difícil su separación como especie, el objetivo propuesto para este trabajo es el de diferenciar morfofisiológicamente las tres especies del género *Rhizophora*, lo cual puede tener importancia para futuros diseños de estrategias de conservación del mangle colorado presente en las costas del Pacífico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y lugar de estudio. El estudio se realizó con datos fenotípicos y material vegetal del género *Rhizophora* presente en la Reserva Isla Juan Venado (Nicaragua) ubicada a los 13º 66′ y 13º56′ de Latitud Norte y entre 49º 80′00" y 51º 33′ 00′′ de Longitud Oeste según el Ministerio de Recursos Naturales y del Ambiente (MARENA *et al.*, 2002) (Figura 1).



Figura 1. Mapa de la Reserva Natural Isla Juan Venado (RNIJV). Los puntos rojos señalan los 11 puntos muestreados a lo largo de la isla. Autor: Carlos Solís (2022). Fuente: (Google Earth Satelite).

Diseño experimental. El diseño experimental fue el siguiente: se realizó una comparación morfológica de las especies tomando datos morfológicos de 99 árboles muestreados a lo largo de la isla, por otro lado, se hizo un recuento de lenticelas con muestras de 5 árboles por especies. La identificación y diferenciación taxonómica de las especies se realizó mediante la revisión bibliográfica de La Flora de Nicaragua de Stevens *et al.* (2001).

Morfología vegetal. Los datos fenotípicos se obtuvieron de 99 árboles en total a partir de los 11 puntos de muestreos que se realizaron a lo largo de la isla, se georreferenciaron los puntos muestreados (Figura 1); las características fenotípica tomadas fueron: altura total del árbol, altura de la raíz fúlcrea principal, grosor del tronco como diámetro a la altura del pecho (DAP), longitud total y anchura de la hoja, longitud del peciolo, número de lenticelas presente en la hoja, largo total de la inflorescencia, número de ramificaciones en la inflorescencia y longitud del pedúnculo floral.

El recuento de lenticelas se realizó en el envés de hojas de las tres especies. Debido a las grandes diferencias en densidad de lenticelas el sistema de contaje se adecuó a cada especie de la siguiente manera. Para *R. mangle* se contaron las lenticelas presentes. En una superficie de 1 cm² en *R. harrisonii* y en *R. racemosa* en una superficie de 2 cm². Para cada especie se realizó la densidad de lenticelas en cinco hojas.

Extracción de pigmentos. La extracción de pigmentos para las especies *R. mangle, R. harrisonii* y *R. racemosa* se realizó a partir de material vegetal obtenido de las hojas que previamente se había medido Fv/Fm. Los discos foliares se seleccionaron al menos de 5 árboles de cada especie. Se recolectaron teniendo presente tres variables; (i) de cualquier parte de la hoja, (ii) con y (iii) sin lenticelas. Los discos se conservaron con sílice gel para transportarlos al laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad del País Vasco según el método de Esteban *et al.* (2009) para realizar la extracción de pigmentos.

Análisis de pigmentos. Los espectros de absorción de cada pigmento se registraron de 250 a 700 nm. La integración de los cromatogramas se realizó a 445 nm con el software Empower 2000. Los tiempos de retención y factores de conversión son los mismos que en García-Plazaola y Becerril (2001). Este método permite la separación de los pigmentos siguientes: neoxantina (N), violaxantina (V), luteína epóxido (Lx), anteraxantina (A), luteína (L), zeaxantina (Z), clorofila b (Chl b), clorofila a (Chl a), α -caroteno (α -car) β -caroteno (β -car). La separación de pigmentos se realizó por HPLC con una columna de fase reversa C18 (Waters Spherisorb ODS1, 4,6 x 250 mm, Massachusetts, USA.), según el método de García-

Plazaola y Becerril (1999), con las modificaciones descritas en García-Plazaola y Becerril (2001). La temperatura de la columna se mantuvo a 35 °C. Durante el proceso de HPLC las muestras se mantuvieron a 4 °C en un compartimento refrigerado. La identificación y la cuantificación se llevaron a cabo con un detector de fotodiodos (PDA). Para cada muestra los pigmentos se eluyeron siguiendo un siguiente gradiente de solventes (ver detalles en metodología). Durante el procesamiento en el HPLC, las muestras se mantuvieron a 4 °C en un compartimiento refrigerado.

Análisis de tocoferoles. La detección de tocoferoles (Toc) se realizó con un detector de fluorescencia Waters 474. El método utilizado para la separación tocoferoles, la detección y cuantificación fue el mismo que en García-Plazaola y Becerril (1999 y 2001).

Los discos foliares se colocaron en tubos eppendorf de 2 ml, incorporando nitrógeno líquido para congelar completamente los tejidos y así impedir que la muestra vegetal se siga degradando, al mismo tiempo facilita la homogenización con el homogenizador Tearor 985370 (BioSpec, Bartslesville, USA) del tejido vegetal con acetona al 95 % (1500 μL). Se centrifugó a 13200 rpm durante 20 minutos a 4 °C, el sobrenadante se colocó en un nuevo tubo eppendorf y se filtró con filtros de 0.2 μm de PTFE (Teknokroma, Barcelona, España), colocándose en viales para su medida en el HPLC.

Estadística. Se realizaron estadísticas con el programa SPSS versión 17.0 donde se realizaron dos pruebas estadísticas: cálculo del valor de significación para las correlaciones de los parámetros de caracterización fenotípica y morfológica; análisis de varianzas (ANOVA) para la heterogeneidad de los pigmentos analizados de las tres especies de *Rhizophora*, (*p*<0.05). Antes del análisis ANOVA se comprobaron la homogeneidad de varianza con la prueba de Levene y la normalidad de los datos con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para los datos no paramétricos se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comparación de la morfología de las tres especies. Como se muestra en la Figura 2 se puede observar que las características fenotípicas foliares son caracteres plásticos y que en si no diferencian las tres especies. Comparando la longitud total de las hojas para las tres especies (Figura 2 A, D), la máxima longitud es de 20 cm.

Las hojas presentaron un peciolo con longitudes variables que no las agrupan como especies. En cambio, teniendo en cuenta la característica de anchura de las hojas se puede decir que *R. racemosa*, seguido por *R. mangle* presentan hojas anchas, mientras que *R. harrisonii* puede

tener hojas angostas o amplias como *R. racemosa* y *R. mangle*. Este hecho puede hacer que *R. harrisonii* sea clasificado erróneamente como una de las otras dos especies, cuando estos son clasificados por características fenotípicas de las hojas.

A diferencia de las hojas, una característica fenotípica que si se puede tomar en consideración para la clasificación de las tres especies es la inflorescencia. Ese es el caso de la

longitud de pedúnculo floral (Figura 2B), *R. mangle* presentó una longitud menor que *R. harrisonii* en tanto que *R. racemosa* uno mayor. El número de ramificaciones (Figura 2E) presente en la inflorescencia también permitió la distinción entre especies, debido a que *R. mangle* presentó de 1-2 ramificaciones, *R. harrisonii* de 3-5 y *R. racemosa* de 5-6 ramificaciones, siendo esta característica de hecho, la principal característica fenotípica para diferenciar las tres especies.

La medida del Diámetro a la altura del pecho (DAP), es proporcional a la altura total del árbol (Figura 2C), donde se puede observar que cuanto más alto es el árbol presenta un mayor DAP. Lo mismo se puede atribuir a la altura de la raíz principal (Figura 2F) ya que por lo general cuanto más alto sea el árbol, la raíz tendrá una mayor longitud. En el caso de *R. mangle* estas relaciones no son tan claras, alcanzando además menor altura total que las otras dos especies.

Para la mayoría de los datos morfológicos se presentó una correlación positiva, siendo para la longitud del pedúnculo floral y el ancho de la hoja las características que mostraron diferencias significativas (*p*<0.05) entre las tres especies. La longitud del peciolo, el DAP y la longitud de la raíz principal, en cambio sólo presentaron diferencias significativas entre *R. harrisonii* y *R. racemosa*. Respecto al número de

ramificaciones de la inflorescencia solamente *R. harrisonii* mostró diferencia significativa con el resto de las especies.

El género *Rhizophora* tiene un alto grado de variación poblacional como resultado de las variadas condiciones del ambiente tales como la concentración salina en el agua y las

intensidades de irradiancia bajo las que las plantas de este género crecen. De acuerdo con Duke y Allen (2006), todas las especies del género *Rhizophora* tienen formas similares en cuanto a la morfología del árbol. Esta plasticidad morfológica que varía de acuerdo al ambiente en el que el árbol se desarrolle hace que no siempre se puedan distinguir entre las especies del género. Esto ha resultado en controversias sobre su clasificación taxonómica (Breteler, 1977).

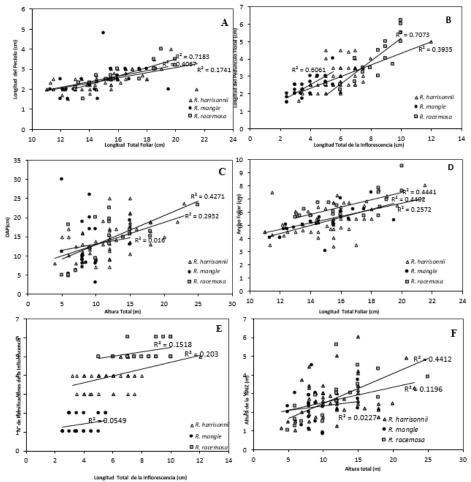


Figura 2. Comparación fenotípica de caracteres morfológicos entre las especies *R. mangle, R. harrisonii* y *R. racemosa*. Longitud de la hoja (cm) (A) y Ancho de la hoja (cm) (D) en relación con el largo total de la misma. Longitud del Pedúnculo (cm) (B) y Número de ramificaciones de Inflorescencia (E) comparados con el largo total de la inflorescencia (cm). Ancho del tronco (DAP) (cm) (C) y Longitud de la raíz principal (m) (F) en comparación a la altura total del árbol (m).

Las tres especies de *Rhizophora* citadas para las costas de América Latina (*R. mangle, R. harrisonii* y *R. racemosa*), poseen características fenotípicas similares. Estas especies pueden adaptarse y desarrollarse en una variedad de condiciones: desde rocas hasta depósitos cenagosos y desde lugares con agua dulce, la mayor parte del año, hasta

en áreas donde la salinidad del suelo es superior a 21 g/L (Bossi y Cintron, 1989; Lugo, 1981). Sin embargo, hay ciertas diferencias ecológicas entre especies: R. mangle se desarrolla mejor en los suelos poco profundos y cenagosos bajo la influencia de las mareas (Chapman, 1976), en cambio R. harrisonii y R. racemosa crecen en lugares que tengan proximidad a una fuente de agua dulce (Duke y Allen, 2006). Al comparar las características fenotípicas entre las tres especies, unas de las características variables que podemos tomar en consideración y relacionar con el ambiente en el que se desarrollan las especies del género Rhizophora es la de la altura total, que muestra que los árboles con mayor altura son los de R. harrisonii y R. racemosa. En cualquier caso, hay que aclarar que esto siempre va en dependencia del lugar donde se desarrolle la especie, ya que por observaciones de campo cuando éstas últimas especies se desarrollan en aquellos lugares donde R. mangle compite y crece mejor no logran superar su altura.

Otra diferencia importante se observó en densidad de lenticelas en el envés de las hojas (Figura 3). En *R. mangle* el número de lenticelas por cm² resultó ser el doble en comparación con *R. harrisonii* y *R. racemosa*, siendo este último el que presenta menor cantidad de lenticelas. Si bien no hubo diferencias significativas entre ambas especies (*R. harrisonii* y *R. racemosa*) (p>0.05).

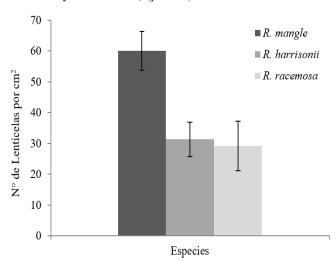


Figura 3. Número de lenticelas por cm² presentes en el envés de las hojas según especie. Se muestran las medias \pm E.S (n \ge 5).

La cantidad de lenticelas también varía incluso en el mismo árbol, presentando mayor cantidad de lenticelas las hojas que están en contacto constante con el agua salada y con menor cantidad las hojas que se encuentran en las partes más altas del árbol. Esta distribución de las lenticelas es lógica considerando la función que ejercen las lenticelas, ya que son estructuras permeables al aire, pero no al agua lo cual facilita la respiración de las hojas que tienen contactos más frecuentes con aguas salobres (Prahl, 1989).

Fotoprotección en las especies del género Rhizophora

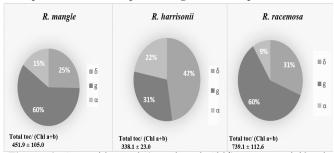


Figura 4. Contenido total (mmol mol Chl⁻¹) y composición de tocoferoles (δ, γ, α) en hojas para las especies *R. mangle, R. harrisonii* y *R. racemosa*. Se muestran valores medios \pm ES. (n=5).

Los tocoferoles en las hojas de las tres especies de mangle mostraron diferencias tanto en el contenido como en la proporción entre los distintos tipos de tocoferoles. La especie que presentó mayor contenido del total de tocoferoles fue *R. racemosa* con 739.1 \pm 112.6 (mmol mol Chl⁻¹) seguida por *R. mangle* 451.8 \pm 105.0 (mmol mol Chl⁻¹), la Figura 4 nos muestra que para δ -toc, γ -toc y α -toc las tres especies tienen diferentes proporciones. Para γ -toc no hubo diferencia entre *R.mangle* y *R. racemosa*, en cambio para δ -toc y α -toc en las tres especies el contenido fue diferente.

El contenido de α -toc fue similar para las tres especies R. mangle 67 (mmol mol Chl-1), R. harrisonii 74 (mmol mol Chl-1) y R. racemosa 66 (mmol mol Chl-1). R. harrisonii al presentar mayor contenido de α -toc y menor contenido de γ -toc en comparación a las otras dos especies, hace que R. harrisonii se diferencie de las otras dos especies a nivel bioquímico.

Además de tener diferentes contenidos en L y VAZ, la diferencia más notable entre las tres especies fue en el contenido de tocoferoles. Estas moléculas son antioxidantes lipofilicos que se sintetizan los organismos fotosintéticos y hongos (Sattler et al., 2006). Existen cuatro formas de tocoferol $(\alpha, \beta, \gamma, y, \delta)$, de los cuales α -toc es la de mayor actividad antioxidante y la predominante en hojas (Munné-Bosch, 2005) El contenido de α-tocoferol aumenta bajo condiciones ambientales desfavorables (Chrost, et al., 1999), lo que indica su importancia fisiológica. En cooperación con otros antioxidantes α-tocoferol contribuye a la preservación de un adecuado estado redox en el cloroplasto durante la respuesta de las plantas al estrés (Munné-Bosch, 2005). Un número de estudios sugieren que la acumulación de α-tocoferol está relacionada con la tolerancia al estrés y una reducción está asociada con susceptibilidad al estrés (Leipner et al. 1999; Munné-Bosch y Alegre, 2000). Sin embargo, la caída de y-tocoferol metiltransferasa en plantas modificadas genéticamente (que cataliza la conversión de la γ-tocoferol en el α-tocoferol), provoca una acumulación de γ-tocoferol en lugar de α-tocoferol, y resulta en una mayor tolerancia a estrés osmótico y disminución de la tolerancia al estrés salino

(Abbasi *et al.*, 2007). En las tres especies de *Rhizophora* es llamativo su alto contenido de γ -tocoferol que no suele estar presente en hojas, aunque si en semillas (Foryer y Noctor, 2003) (Figura 4). La acumulación de γ -toc en lugar de α -toc en *Rhizophora* podría representar una respuesta al estrés salino. Pese a que el pool total de tocoferoles fue diferente en las tres especies, el contenido de α -toc fue muy similar. El α -toc es el tocoferol de mayor actividad antioxidante (Munné-Bosch, 2005), esto indica que las tres especies se encuentran sometidas a un nivel de estrés oxidativo similar. El contenido bajo de α -tocoferol en las tres especies también puede estar relacionado con la edad de la hoja, ya que el contenido de α -tocoferol es bajo en hojas jóvenes y aumenta con la edad de la hoja (Lichtenthaler, 1981; Szymánska y Kruk, 2008 a y b).

Al parecer R. harrisonii es la especie que tolera mejor el estrés por presentar menor contenido de tocoferoles en total y por presentar mayor porcentaje de α -tocoferol, mientras que la especie que se encuentra con mayor estrés es R. racemosa al no tener su entorno óptimo para su pleno desarrollo.

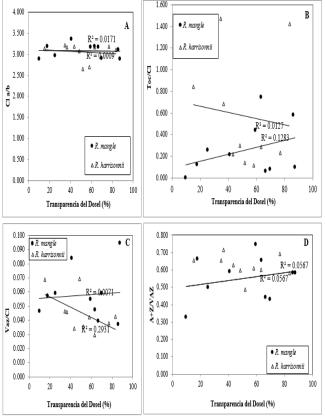


Figura 5. Respuesta al porcentaje de transmitancia del dosel de los parámetros indicativos de fotoprotección en hojas de *Rhizophora mangle* y *R. harrisonii*, (n>5). Mol Clorofila a/mol Clorofila b (Chl a/b; A); mol Tocoferol/mol Clorofila Toc/Chl;B); mol (Violaxantina+Anteraxantina+Zeaxantina)/mol Clorofila(a+b) (VAZ/Chl(a+b);C); mol Anteraxantina+Zeaxantina/ mol Violaxantina+Anteraxantina+Zeaxantina (A+Z/VAZ; D).

La diferencia ecológica de las tres especies podría reflejarse en un diferente nivel y demanda de fotoprotección. Sin embargo, las diferencias fueron pequeñas y tan solo se observaron para los contenidos de pigmentos fotosintéticos como L y VAZ (Figura 5). Tanto L como VAZ tienen función fotoprotectora. Los pigmentos VAZ participan en el ciclo de las xantofilas (Demmig-Adams y Adams, 1996) y la L está involucrada en la estructura y organización complejas de la antena (Yan et al., 2007) además tiene un papel fotoprotector (Dall'Osto et al., 2006; Yan et al., 2007) y una importante función como antioxidante (Peng et al., 2006). Esto nos indica que R. racemosa y R. mangle ocupan lugares expuestas a mayor radiación solar en comparación a R. harrisonii. Pese a las diferencias ecológicas entre las especies, las condiciones de iluminación no parecen relacionarse con el potencial fotoprotector de cada especie puesto que no se observó correlación significativa entre el porcentaje de la transparencia del dosel y el contenido en pigmentos fotosintéticos de las especies de R. mangle y R. harrisonii (Figura 5). Esta poca plasticidad de los sistemas fotoprotectores en relación con el ambiente lumínico, se puede atribuir a que aunque sean diferentes especies y presenten diferentes ecologías en cuanto a su hábitat, estas son especies que se adaptan a cualquier medio de las otras especies del género Rhizophora, adoptando así características fenotípicas similares y con ello la fotoprotección puede deberse más a características morfológicas que a la cantidad de contenido de pigmentos fotosintéticos.

CONCLUSIONES

Las características morfológicas de las hojas y la presencia de lenticelas no son fiables para la diferenciación de las especies del género *Rhizophora* del Pacífico de Nicaragua, ya que estas características son adaptables al medio donde el árbol se desarrolle.

Rhizophora harrisonii presentó menor contenido de ganma tocoferol (γ -toc) lo que podría relacionarse con su peor tolerancia al estrés salino. Además, pese a existir diferencias en el contenido total de tocoferol, la cantidad de alfa-tocoferol (α -toc) fue similar en las tres especies, lo que indica que están sometidas a un nivel similar de estrés oxidativo.

El contenido de tocoferoles puede ser una herramienta para la clasificación de estas especies principalmente para separar a R. *harrisonii* y *R. racemosa* como especies. Aunque estas dos especies son las que presentan mayor similitud en cuanto a las características morfológicas e incluso en las ramificaciones de las inflorescencias, su distinta composición en tocoferoles podría convertirse como parámetro bioquímico de distinción interespecífica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbasi, A. R., Hajirezaei, M., Hofius, D., Sonnewald, U., & Voll, L. M. (2007). Specific roles of α- and g- tocopherol in abiotic stress responses of transgenic tobacco. *Plant Physiology*, 143(4),1720–1738. https://doi.org/10.1104%2Fpp.106.094771
- Bossi, R. y Cintron, G. (1989). Manglares del Gran Caribe. Hacia un Manejo Sostenible. Asociación para la conservación del Caribe.
- Breteler, F. J. (1977). America's Pacific species of Rhizophora. Acta Botanica Neerlandica, 26(3), 225-230
- Chapman, V. J. (1976). Mangrove vegetation. J. Cramer.
- Chrost, B., Falk, J., Kernebeck, B., Molleken, H., & Krupinska K. (1999). Tocopherol biosynthesis in senescing chloroplasts—a mechanism to protect envelope membranes against oxidative stress and a prerequisite for lipid remobilization?. En J. H. Argyroudi-Akoyunoglou & H. Senger (Eds.), *The chloroplast: from molecular biology to biotechnology* (pp. 171–176). Kluwer Academic Press.
- Dall' Osto, L., Lico, C., Alric, J., Giuliano, G., Havaux, M., & Bassi, R. (2006). Lutein is needed for efficient chlorophyll triplet quenching in the major LHCII antenna complex of higher plants and effective photoprotection in vivo under strong light. *BMC Plant Biology*, 6. https://doi.org/10.1186/1471-2229-6-32
- Demmig-Adams, B., & Adams, W. W. (1996). The role of xanthophylls cycle carotenoids in the protection of photosynthesis. *Trends in Plant Science*, 1(1), 21-26. https://doi.org/10.1016/S1360-1385(96)80019-7
- Duke, N. C., & Allen, J. A. (2006). *Rhizophora mangle, R. samoensis, R. racemosa, R. × harrisonii (Atlantic-East Pacific red mangroves)*. https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/FICHES_ARBRES/Arbres-non-classes/Rhizophora-AEP.pdf
- Esteban, R., Baloguer, L., Manrique, E., Rubio de Casas, R., Ochoa, R., Fleck, I., Pintó-Marijuan, M., Casals, I., Morales, D., Jiménez, M. S., Lorenzo, R., Artetxe, U., Becerril, J. M., & García-Plazaola, J. I. (2009). Alternative methods for Sampling and Preservation of photosynthetic pigments and tocopherols in plant material from remote locations. *Photosynth Res*, (101), 77-88. https://doi.org/10.1007/s11120-009-9468-5
- Field, C. D. (1995). Journey Amongst Mangroves. International Society for Mangrove Ecosystem.
- Foryer, C. H., & Noctor, G. (2003). Redox sensing and signaling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes, and mitochondria. *Plant Physiology*, 119(3), 355–364. https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2003.00223.x
- García-Plazaola J.I., & Becerril J.M. (2001). Seasonal changes in photosynthetic pigments and antioxidants in beech (Fagus sylvatica) in a Mediterranean climate: implications for tree decline diagnosis. Functional plant biology. *Australian Journal Plant Physiologist*, 28(3), 225-232. https://doi.org/10.1071/PP00119
- García-Plazaola, J. I., & Becerril, J. M. (1999). A rapid HPLC method to measure lipophilic antioxidants in stressed plants: simultaneous determination of carotenoids and tocopherols. *Phytochemical Analysis*, 10(6),307-313
- Jiménez, J. (1994). Los manglares del Pacífico Centroamericano. EFUNA.
- Leipner, J., Frachebound, Y., & Stamp, P. (1999). Effect of growing season on the photosynthetic apparatus and leaf antioxidative defenses in two maize genotypes of different chilling tolerance. *Environmental Experimental Botany*, 42(2),129–139.
- Lichtenthaler, H. K., Prenzel, U., Douce, R., & Joyard, J. (1981). Localization of prenylquinones in the envelope of spinach chloroplasts. *Biochim. Biophys.* 641(1), 99-105.
- Lugo, A. E. (1981). The inland mangroves of Inagua. Journal of Natural History, 15(5), 845-852.
- Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, Comanejo de Areas Protegidas, United States Agency for International Development y Fundación Nicaragüense para la Conservación y el Desarrollo. (2002). *Plan de Manejo de la Reserva Natural Isla Juan Venado*.
- Munné-Bosch, S. (2005). The role of a-tocopherol in plant stress tolerance. *Plant Physiology*, 162(7), 743–748. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.04.022
- Munné-Bosch S., & Alegre I. (2000). Changes in carotenoids, tocopherols and diterpenes during drought and recovery, and the biological significance of chlorophyll loss in Rosmarinus officinalis plants. *Planta*, (210), 925-931. https://doi.org/10.1007/s004250050699
- Prahl, H. B. (1989). Manglares de Colombia. Villegas Editores.
- Peng, C. L, Lin, Z. F., Su, Y. Z., Lin, G. Z., Dou, H. Y., & Zhao, C. X. (2006). The antioxidative funtions of lutein: electron spin resonance studies and chemical detection. *Functional Plant Biology*, 33(9), 839-846.
- Sattler, S. E., Mene-Saffrane, L., Farmer, E. E., Kischke, M., Mueller, M. J., & DellaPenna, D. (2006) Nonenzymatic lipid peroxidation reprograms gene expression and activates defense markers in Arabidopsis tocopherol-deficient mutants. *Plant Cell*, 18(12), 3706–3720. https://doi.org/10.1105%2Ftpc.106.044065
- Sussex, I. (1975). Growth and metabolism of the embryo and attached seedling of the viviparous mangrove, Rhizophora mangle L. *American Journal of Botany, 62*(9), 948-953. https://doi.org/10.2307/2441639
- Stevens, W. D., Ulloa, C., Pool, A. y Montiel, O. M. (2001). Flora de Nicaragua. Introducción Gimnospermas y angiospermas. Missouri Botanical Garden.

- Szymánska, R., & Kruk, J. (2008a). Tocopherol content and isomers' composition in selected plant species. *Plant Physiol Biochem*, 46(1), 29–33. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2007.10.009
- Szymánska, R., & Kruk, J. (2008b). Plastochromanol, a 'new' lipophilic antioxidant in Arabidopsis leaves, is synthesized by tocopherol cyclase. The effect of high-light on the level of prenyllipid antioxidants. En J. F. Allen, E. Gantt, J. H. Golbeck & B. Osmond (Eds.), *Photosynthesis. Energy from the Sun: 14th International Congress on Photosynthesis* (pp. 1579–1582). Springer Tomlinson, P. B. (1999). *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press.
- Yan, H., Zhang, P., Wang, C., Liu, Z., & Chang, W. (2007). Two lutein molecules in LHCII have different conformations and functions: Insights into the molecular mechanism of termal dissipation in plants. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 355(2), 457-463. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2007.01.172

Caracterización hidrogeológica para aprovechamiento del agua subterránea con fines de riego, en El Plantel, Masaya, Nicaragua

Hydrogeological characterization for use of groundwater for irrigation purposes, in El Plantel, Masaya, Nicaragua

Raquel Izabá-Ruiz¹, Karen Morales-Hernández²

- ¹ Máster en Ciencias del Agua, Departamento Manejo de Cuencas, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2884-1189 / raquel.izaba@ci.una.edu.ni
- ² Ingeniera en Recurso Naturales Renovables, graduada de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables-Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, ORCID: htpp://orcid.orf/0000-0003-2719-6376 / karen_9613@hotmail.com Universidad Nacional Agraria, Nicaragua



RESUMEN

El estudio se realizó en la Unidad de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, perteneciente a la Universidad Nacional Agraria (UNA) que tiene como objetivo caracterizar las condiciones del agua subterránea a través del monitoreo de niveles piezométricos, balance hídrico y calidad del agua para riego. Se seleccionaron como objeto de estudio el pozo #1 (pozo principal) y pozo #3 (pozo de referencia). Para evaluar el flujo de agua subterránea se midieron niveles estáticos del agua en un período de mayo 2020 a abril 2021. Para determinar el balance de agua subterránea se utilizó el principio de entrada y salida de agua al acuífero, donde la entrada de agua se estimó con la recarga potencial por el método del Balance Hídrico del Suelo propuesto por Schosinsky (2006); las salidas de agua se estimaron a partir de las descargas de agua subterránea; junto con las extracciones por bombeo para regar los cultivos establecidos en El Plantel. La calidad del agua para riego se evaluó utilizando criterios de calidad del agua propuestos por U.S Salinity Laboratory y la Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y Agricultura por sus siglas en inglés (FAO). Los resultados sugieren que las fluctuaciones de niveles piezométricos, tienen comportamiento natural durante un ciclo hidrológico en la zona, donde se muestra que está influenciado por la variación de las precipitaciones. El balance hídrico subterráneo muestra que la actividad de aplicación del riego en El Plantel no está provocando explotación del recurso hídrico subterráneo, ya que las salidas de agua son menores que la entrada al acuífero; el agua de exceso es parte del almacenamiento en el acuífero local. La calidad del agua subterránea utilizada en El Plantel es apta para riego.

Palabras clave: nivel piezométrico, recarga potencial, balance hídrico subterráneo, calidad del agua.

ABSTRACT

The study was carried out in the Unit for Experimentation and Validation of Technologies El Plantel, belonging to the National Agrarian University (UNA), which aims to characterize the conditions of groundwater through the monitoring of piezometric levels, water balance and water quality for irrigation. Well #1 (main well) and well #3 (reference well) were selected as study objects. To evaluate the flow of groundwater, static water levels were measured in a period from May 2020 to April 2021. To determine the groundwater balance, the principle of entry and exit of water to the aquifer was used, where the entry of water was estimated with potential recharge by the Soil Water Balance method proposed by Schosinsky (2006); water outflows were estimated from groundwater discharges; along with extractions by pumping to irrigate the crops established in El Plantel. Irrigation water quality was evaluated using water quality criteria proposed by the U.S. Salinity Laboratory and the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). The results suggest that the fluctuations of piezometric levels have a natural behavior during a hydrological cycle in the area, where it is shown that it is influenced by the variation of rainfall. The groundwater balance shows that the irrigation activities in El Plantel are not causing exploitation of the groundwater resource, since the water output is less than the input to the aquifer; the excess water is part of the storage in the local aquifer. The quality of the groundwater used in El Plantel is suitable for irrigation.

Keywords: Piezometric level, potential recharge, groundwater balance, water quality.

Recibido: 14 de enero del 2022 Aceptado: 21 de octubre del 2022



l uso del agua subterránea juega un papel importante en la economía mundial, para la agricultura, industria y uso doméstico. Las extracciones del agua subterránea en el mundo alcanzan entre 982 000 millones de metros cúbicos anuales, donde la agricultura utiliza el 70 % de las extracciones de agua subterránea (Margat y Der Gun, 2013).

En Nicaragua, el 80 % de la población utiliza el agua subterránea para las principales actividades económicas

(industria, riego y consumo humano). Las fuentes de agua subterránea más importantes se encuentran en la región del Pacífico, donde se han caracterizado 12 acuíferos que presentan características geológicas que permiten la fluidez y almacenamiento del agua. Dentro de estas características se encuentran: los cuaternarios, depósitos aluviales, piroclásticos, aluviales antiguos y rocas del grupo o acuífero Las Sierras, que es considerado como uno de los principales depósitos de agua subterránea del país (Vega et al., 2019; Losilla et al., 2001; Fenzel, 1989).

Para caracterizar las condiciones de un acuífero es necesario el monitoreo a través de mediciones de niveles estáticos y piezométricos del agua. "El estudio de las fluctuaciones de niveles de agua en un periodo de tiempo, es fundamental para evaluar la recarga al acuífero, el almacenamiento subterráneo y consecuentemente planificar correctamente la explotación del agua subterránea. Las oscilaciones del nivel estático se deben a causas

que suponen un cambio en el almacenamiento subterráneo, tales como la sucesión de épocas secas a húmedas; así como, extracción de agua por bombeo" (Donna *et al.*, 2021).

Esta investigación se realizó en la Unidad de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, finca propiedad de la Universidad Nacional Agraria, donde se levantó un inventario de pozo para definir los criterios de la investigación. A partir de este inventario, se identificó el pozo #1 (principal) y pozo #3 (referencia). El pozo #1 es el principal objeto de estudio debido a que, este pozo se utiliza para aplicación de riego de las áreas productivas en El Plantel.

El objetivo del estudio es caracterizar las condiciones del agua subterránea a través del monitoreo de niveles piezométricos y observar las condiciones de la dirección del flujo en un ciclo hidrológico; del mismo modo estimar el balance hídrico de agua subterránea para evaluar el impacto positivo o negativo de la extracción de utilizada para riego en El Plantel. Los resultados obtenidos son un punto de partida para iniciar un sistema de monitoreo en el área de interés que

permitirá a los tomadores de decisiones proponer un plan de manejo y protección del agua subterránea en el área.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la zona de estudio. El Plantel se localiza en el municipio de Masaya, departamento de Masaya en las coordenadas UTM, X: 598941 y Y: 1336762, tienen un área de 171.8 ha (1.71 km²) (Figura 1).

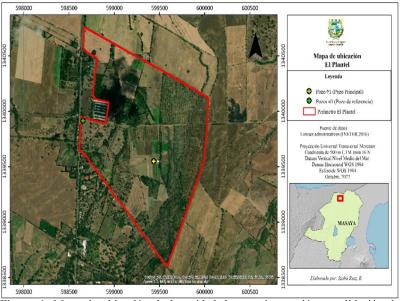


Figura 1. Mapa de ubicación de la unidad de experimentación y validación de tecnología El Plantel.

El clima de la zona de estudio se clasifica como trópico seco; según base de datos climáticos del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2020), presenta precipitación anual de 1 102.4 mm y temperatura media de 27.6 °C. El tipo de suelo predomínate es molisol, con textura franco arcillo limoso.

La geología está representada por rocas volcánicas con predominio de lava, tobas, cenizas, aglomerados, escorias; así como basálticos y andesitas basálticas (Fenzel, 1989); presenta pendientes planas entre 0 % y 5 % (Morales-Hernández, 2021).

Entre las características hidrogeológicas del área de estudio se puede mencionar que, pertenece al acuífero La Sierras, en el cual predominan los estratiforme poroso; es decir, es un acuífero con capacidad de almacenamiento y movimiento del agua subterránea, considerando valores de transmisividad de alta a muy alta entre 100 y 1 000 m²día¹ (Krásný y Hecht, 1989). Este acuífero está estimado como uno de los acuíferos más productivo del país (Losilla *et al.*, 2001).

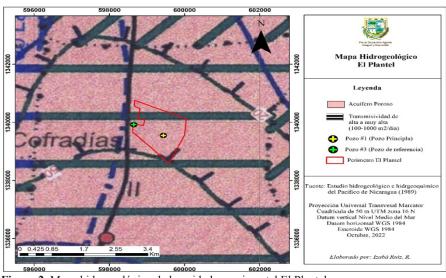


Figura 2. Mapa hidrogeológico de la unidad experimental El Plantel.

El uso del suelo más destacado en El Plantel es de bosque y tacotales con el 53.77 % de uso del área total, seguido de pastizales con 17 % y las plantaciones de eucalipto con 11.47 %. Las áreas de cultivo anuales y permanente son 13.71 %, el porcentaje restante se encuentra distribuido entre barbecho, potreros y áreas de infraestructuras con 3.96 % (Morales-Hernández, 2021).

Los cultivos establecidos se encuentran bajo sistemas de riego. Entre los sistemas más utilizado tenemos el riego por goteo, microaspersión, aspersión y cañón (aspersión de alta presión). El período de riego se distribuye durante todo el verano y el período de canícula entre julio a agosto. Los principales cultivos permanente son: plátano, coco, guayaba, mango, aguacate. Los cultivos anuales principales son sorgo, maíz, pipián y yuca (Morales-Hernández, 2021).

Métodos

Monitoreo de niveles piezométricos. Se identificaron los pozos en la finca, donde se realizaron mediciones de niveles estáticos y determinación de los niveles piezométrico (NP) durante el ciclo hidrológico mayo 2020 a abril 2021. Cada pozo fue georreferenciado e identificación. Con estas mediciones se determinó el mapa piezométrico utilizando el programa ArcGIS 10.3, con la herramienta interpolación, IDW que se puede caracterizar como un suavizador de las líneas, representando las líneas de flujo; así como interpolador exacto, fiel a los datos muestreados (Gomes *et al.*, 2018). Para realizar el análisis de la variación de niveles piezométricos y el comportamiento del flujo subterráneo se consideró tomar el pozo principal (Pozo # 1) y el Pozo # 3 (pozo de referencia) ya que este se encuentra ubicado aguas abajo del pozo principal (Pozo # 1).

Determinación de la recarga al acuífero. Se aplicó el balance hídrico del suelo propuesto por Schosinsky (2006), utilizando los siguientes parámetros:

Datos climáticos. Los datos de temperatura media. máxima mínima de la Estación Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, así como los datos de precipitación de la Estación Guanacastillo; para ambos parámetros se utilizó datos de un período de 12 años desde 2008-2020 y datos de temperatura media, mínima y máxima de la Estación Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).

Datos de suelo. Otra característica importante utilizada en el método de Schosinsky (2006) son las propiedades del suelo como Capacidad de Campo (CC), Punto de Marchitez Permanente (PMP) y Densidad Aparente (Da). Para la CC y PMP se tomaron muestra de suelo a partir de dos perfiles de suelo que se excavaron uno aguas arriba y otra agua abajo de la ubicación Pozo # 1. Las muestras se llevaron a al laboratorio de suelo y agua de la Universidad Nacional Agraria (UNA). La Da se tomó de Fuentes y García (1999).

Coeficiente de infiltración. Se determinó con la fórmula de Schosinsky y Losilla (2000):

$$C = (Kp + Kv + Kfc)$$

Donde: C: coeficiente de infiltración; Kp: fracción que infiltra por efecto de pendiente (adimensional); Kv: fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal (adimensional); Kfc: coeficiente de infiltración textura (adimensional).

Para valores de fc igual 6 mm día⁻¹ – 1 568 mm día⁻¹, Kfc se calcula con la siguiente la expresión de Schosinsky y Losilla (2000):

$$Kfc = 0.267ln (fc) - 0.000154fc - 0.723$$

Donde: fc son los valores del índice de infiltración obtenida a través de prueba de campo por el método del anillo sencillo propuesto por United States Department of Agriculture (USDA, 2001); se realizaron 48 pruebas de infiltración distribuidas en el área de estudio.

Cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP). Por medio de los datos de temperatura máxima, media y mínima de un período de 12 años (2008-2020) de la estación meteorológica Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, se estimó el valor de la evapotranspiración potencial (ETP) a través de la fórmula de Hargreaves y Samani (1985) que indica:

ETo = 0.0135 (tmed + 17.78) Rs

Donde: ETo= evapotranspiración potencial diaria, en mm día-1; Tmed= temperatura media, en °C (grados Celsius); Rs= radiación solar incidente, convertida en mm día-1.

A partir de los datos de precipitación, evapotranspiración potencial (ETP); características de suelo: CC, PMP y textura; así como del coeficiente de infiltración C, utilizamos la hoja de cálculo del modelo de Balance Hídrico de Suelo (BHS) de Schosinsky (2006), que se usa para determinar la recarga potencial al acuífero mediante la ecuación de Schosinsky (2006).

Rp = Pi + HSi - HSf - ETR

Donde: Rp: recarga potencial en mm; Pi: precipitación que infiltra en mm; HSi: humedad del suelo inicial en mm; HSf: humedad del suelo final en mm; ETR: evapotranspiración potencial en mm.

Determinación de la descarga de agua subterránea. Se consideró la ley de Darcy (Hiscock, 2005), considerando la dirección del flujo, el gradiente hidráulico entre el pozo # 1 y el pozo # 3, ubicado en la parte Noreste de El Plantel; a la vez se consideró un ancho de descarga del área formada entre las curvas piezométricas generadas por los pozo # 1 y # 3. Para el cálculo de la descarga se utilizó la ecuación de Darcy expresada en Hiscock (2005):

 $Q = Til (m^3 día^{-1})$

Donde: Q = caudal de descarga (flujo subsuperficial) subterránea en m^3 /día; T = transmisividad en m^2 día $^{-1}$; L = ancho de la descarga en m; i: gradiente hidráulico entre Pozo # 3 al pozo # 1.

Balance hídrico subterráneo. En el balance hídrico subterráneo se utilizó la ecuación propuesta por D'Elia *et al.* (1985), basada en el principio de entrada y salida de agua. Entrada de agua = salida de agua del acuífero.

Rp = Extp + Q. $sub \pm \Delta S$

Donde: Rp: Recarga potencial se obtendrá a partir del BHS; Exp: Extracciones por pozos; Q. sub: Descarga de agua subterránea; ΔS: Cambio en el almacenamiento.

Calidad del agua para riego. Se tomaron muestras de aguas en el pozo # 1 (pozo principal) y pozo # 3 (pozo de referencia). Estas muestras fueron trasladas al Laboratorio de suelos y agua de la UNA para realizar análisis de cationes, aniones, conductividad eléctrica y pH. Los resultados se compararon con las normas Riverside (Staff, 1954) y de calidad del agua para riego propuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Ayers y Westcot, 1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Niveles piezométricos en pozos de estudio. Los niveles piezométricos registrados en el período de mayo 2020-abril 2021 en el pozo # 1 (principal) se encuentran entre 52.62 m a 54.21 m; presentándose los niveles más superficiales en los meses más lluviosos entre septiembre y octubre. El nivel más profundo en diciembre, que coincide con el inicio del período de riego. Comparando con los niveles del pozo # 3, se puede observar que este pozo presenta mayores descensos en el flujo de agua subterránea, indicando que el flujo de agua se mueve del pozo # 3 al pozo # 1. Lo descensos del pozo # 3, podrían estar influenciado por el bombeo de pozos vecinos de El Plantel. Es importante indicar que, no hubo permiso para acceder a las fincas vecinas con el fin de georreferenciar y medir el nivel estático en los pozos; sin embargo, de acuerdo con el mapa interactivo de recursos hídricos (aprovechamiento del agua subterránea) de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), los pozos más cercanos se encuentran entre 500 y 800 metros de distancia dentro del radio de influencia del pozo # 3 (Figura 3).

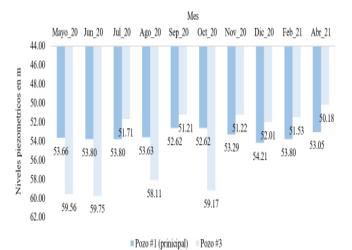


Figura 3. Comparación de niveles piezométricos entre el pozo principal (pozo # 1) y pozo de monitoreo (pozo # 3), mayo 2020 – abril 2021.

Las fluctuaciones de niveles observados sugieren que es el comportamiento natural durante un ciclo hidrológico en la zona, donde se muestra que está afectado por la variación de la precipitación (Figura 4). En los meses de septiembre y octubre se puede observar un restablecimiento de los niveles, que coincide con los meses más lluviosos de la época. Los niveles piezométricos registrados concuerdan con el comportamiento de estos niveles en estudios anteriores en el acuífero Las Sierras, donde expresan el comportamiento histórico de los niveles piezométricos en la zona N-E con descarga hacía el Lago Xolotlán, se encuentran entre 40-120 m (INETER, 2009; krásný, 1989).

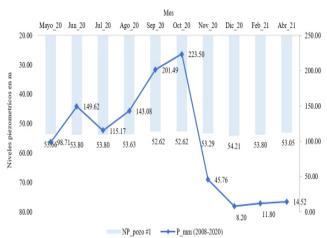


Figura 4. Comparación de niveles piezométricos versus precipitación en el área de estudio.

El mapa piezométrico presenta las líneas de flujo en el mes de octubre 2020 y febrero 2021. Se observa que el flujo de agua subterránea principalmente se mueve de Oeste - Sur en el mes de octubre 2020. En el mes de febrero se observa en dirección Oeste - Norte. Esta condición sugiere que el flujo de agua subterránea esté afectado por el bombeo en finca vecina

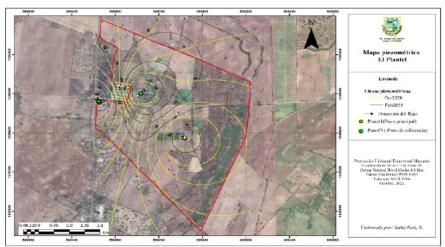


Figura 5. Mapa piezométrico presentando niveles de octubre 2020 y febrero 2021.

en la zona norte de El Plantel (Figura 5), ya que el movimiento del flujo se refleja más hacia el Norte con relación al pozo # 3. En el caso del pozo # 1, en este mes se refleja un nivel piezométrico más profundo, esto coincide con el uso del pozo para riego en la época seca.

Recarga potencial. Los resultados de la recarga potencial obtenidos a partir del balance hídrico de suelo se presentan en el Cuadro 1. Las mayores recargas se presentaron en el bosque latifoliadas ralo y en la plantación de eucaliptos con 0.101 m. Las menores recargas se presentaron en suelo con uso de pasto con (0.041 m). Se puede observar que los cultivos anuales presentan mayor recarga (0.061 m) que los cultivos permanentes (0.052 m) a pesar de que se encuentran dentro de las mismas condiciones hidrofísicas del suelo; este resultado induce a que, los cultivos permanentes sostienen láminas de agua aprovechables mayor que los cultivos anuales; por lo anterior, el aporte de agua a la recarga potencial es menor.

Cuadro 1. Recarga potencial anual en m³ año⁻¹ por cada uso del suelo

Uso del suelo	Área (m²)	Recarga Potencial (m año-1)	Recarga Potencial (m³ año-1)
Bosque latifoliado ralo	518 000.00	0.101	52 362.52
Plantación de eucalipto	196 969.52	0.101	19 910.85
Cultivos anuales	144 172.91	0.061	8 922.22
Cultivos permanentes	91 407.98	0.052	4 791.86
Pasto	293 549.30	0.041	12 086.69
Total			98 074.14

Fuente: Morales-Hernández (2021).

Los resultados de recarga en el bosque y plantación de eucalipto pudrían estar relacionado con las características hidrofísicas de esta área; son suelos profundos (0-97 cm), con abundantes macroporos, que por el tipo de vegetación facilita la infiltración del agua y por consiguiente la recarga al acuífero (Morales, 2021). En la zona donde se obtuvo

las recargas más bajas podría estar influenciado por el tipo de uso (pasto), que son suelos más superficiales (0-33 cm) y presentan compactación por efecto del pisoteo del ganado. La recarga potencial al acuífero en El Plantel fue de 98 074.14 m³ año-1. Es importante mencionar que los valores de mayor recarga potencial se reflejan en la parte Sur - Este, donde se encuentra ubicado el pozo de estudio (pozo # 1) y con cobertura vegetal boscosa; es decir, se puede considerar como la principal zona de recarga en El Plantel. Esta condición se puede observar en el comportamiento de los niveles piezométricos del pozo #

1, que presenta una recuperación por influencia de la recarga aguas arribas del mismo (Mejia y Ramírez, 2016).

Descarga de agua subterránea. Los resultados de descarga de agua subterránea entre el pozo # 1 y el pozo # 3 de la finca durante el período de monitoreo se presenta en el Cuadro 2. Los valores de descarga subterránea oscilan entre 37.89 m³ mes⁻¹ en el mes de abril, a 303.11 m³ mes⁻¹ en el mes de octubre. La descarga total de agua subterránea producida es de 1 505.23 m³ año⁻¹. Los valores negativos del gradiente hidráulico (i) indican que la descarga del agua subterránea en los meses de mayo, junio, agosto, octubre del 2020 y abril 2021 se producen en dirección Oeste del área de estudio; ya que los niveles piezométricos del pozo # 3 son más profundos que los niveles piezométricos del pozo # 1.

Cuadro 2. Descarga de agua subterránea estimada en El Plantel

Mes	NP Pozo # 1	NP Pozo # 3	T	1	i	L	Q
	(m)	(m)	(m² día-1)	(m)		(m)	$(m^3 mes^{-1})$
Mayo	53.66	59.56	240	861.65	-0.007	157.87	265.22
Junio	53.80	59.75	240	861.65	-0.007	157.87	265.22
Julio	53.80	51.71	240	861.65	0.002	157.87	91.92
Agosto	53.63	58.11	240	861.65	-0.005	157.87	189.44
Septiembre	52.62	51.21	240	861.65	0.002	157.87	62.14
Octubre	52.62	59.17	240	861.65	-0.008	157.87	303.11
Noviembre	53.29	51.22	240	861.65	0.002	157.87	90.98
Diciembre	54.21	52.01	240	861.65	0.003	157.87	96.34
Febrero	53.80	51.53	240	861.65	0.003	157.87	99.96
Abril	53.05	54.21	240	861.65	-0.001	157.87	37.89
							1 502.23

El movimiento de flujo del agua en el pozo # 3 hacía el pozo # 1 podría estar influenciado por bombeo de la finca vecina, prolongando el descenso de los niveles piezométricos (pozo # 3). En el mes de diciembre, enero y febrero que es la época seca, se invierte el valor del gradiente hidráulico indicando que el flujo de agua se mueve del pozo # 1 al pozo # 3; es decir, de los niveles piezométricos más profundo a los más someros. Ramos-Leal *et al.* (2009) indican que la inversión del gradiente hidráulico en la época de seca, alcanzó mayor elevación en los niveles piezométricos; en este particular, el cambio del gradiente hidráulico podría estar influenciado por el bombeo del pozo # 1, debido a que en esta época se utiliza para riego, lo que provoca mayor profundidad en los niveles piezométrico.

Extracción de agua subterránea para riego. En el Cuadro 3 se presentan los resultados de la demanda o extracción del agua subterránea del pozo principal. El pasto es el cultivo que utiliza más área de siembra y la mayor cantidad de agua de riego anual, seguido de los cultivos perennes con la menor área de siembra. Los cultivos anuales son lo que demandan menos agua durante la aplicación del riego en un área igual a 0.14

km². La demanda total anual o extracción del pozo es de 72 800.62 m³ anuales. Estas extracciones ocurren principalmente en la época seca entre noviembre y abril.

Cuadro 3. Extracción del pozo principal en El Plantel período mayo 2020 - abril 2021

Uso del suelo	Área en km²	Extracción de agua		
		para riego (m³ año-1)		
Pasto	0.29	48 404.75		
Cultivos perennes	0.09	24 172.00		
Cultivos anuales	0.14	223.87		
Total	0.52	72 800.62		

Fuente: Morales-Hernández (2021).

A pesar de que se riega menos área en los cultivos perennes, estos consumen aproximadamente la mitad del agua utilizada para el riego del pasto; esto podría deberse a que estos cultivos alcanzan una profundidad radicular mayor; demandando una mayor lámina de agua.

Balance hidrogeológico. En el Cuadro 4, se presentan los resultados del balance hídrico subterráneo, la principal entrada es la recarga potencial, con una recarga total de 98 076.50 m³ año¹. Las salidas están representadas por la descarga de agua subterránea y las extracciones por bombeo para riego, obteniendo una salida 74 302.85 m³ años¹. Los resultados del balance hídrico subterráneo indican que la variación en el almacenamiento del acuífero en la zona de El Plantel es de 23 773.64 m³ año¹. Esto indica que las actividades de riego donde se utiliza el agua subterránea en El Plantel, no están provocando explotación del recurso hídrico subterráneo en esta zona, ya que la entrada al acuífero es mayor que las salidas; el agua restante forma parte del almacenamiento del acuífero.

Cuadro 4. Balance hídrico subterráneo en El Plantel

	Parámetros	m³ año-1	
Entrada	Recarga potencial	98 076.50	
	Total, entrada	98 076.50	
Salidas	Descarga agua subterránea	1 502.23	
	Extracciones de agua para riego	72 800.62	
	Total, salidas	74 302.85	
	ΔS	23 773.64	

Calidad del agua para riego. Los resultados del análisis de laboratorio en las muestras de agua de los pozos # 1 y # 3 en El Plantel, comparadas con la Norma Riverside y FAO, indican que se clasifican como C2S1, lo que significa que son aguas aptas para riego con control para evitar problemas de salinidad, presentando un grado de salinidad media, con bajo contenido de sodio y apta para riego en la mayoría de los casos (Figura 6).

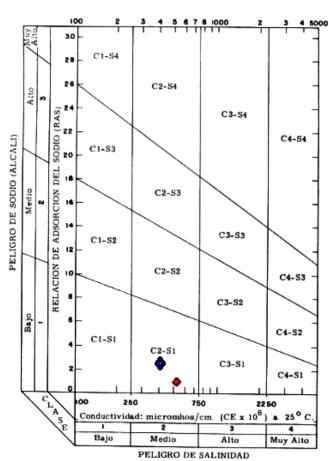


Figura 6. Gráfico de clasificación del agua para riego. Fuente: U.S Sanity Laboratory Staff (1954).

En el Cuadro 5, se presenta el resumen de los resultados de las muestras de aguas extraídas de los pozos # 1 y # 3, comparando los resultados bajo los parámetros establecidos en cuanto a problemas potenciales en aplicación

de riego en las Normas de Calidad de Agua para la Agricultura propuesto por Ayers y Westcot (1985).

Con relación a la conductividad eléctrica (CE) y sólidos totales disueltos (STD), según el rango de valores establecidos por problemas de salinidad, se determinó que, el agua de ambos pozos se encuentra dentro de las concentraciones habituales en agua para riego, y no presentan ningún grado de restricción, siendo apta para riego. El valor de CE del pozo # 3 con respecto al pozo # 1 es mayor, esto podría estar relacionado con los STD que se encuentran en mayores concentraciones en el pozo # 3; lo cual podría está influenciado por la presencia del ion Bicarbonato (HCO³), ya que coincide con los valores de pH entre 7 y 10 en los que predomina el ion Bicarbonato; además se encuentra en correspondencia con su formación geológica que presentan rocas ricas en bicarbonatos (Altamirano, 2007; Hiscock, 2005; Hem, 1985).

De acuerdo a la toxicidad iónica específica, las concentraciones de ion sodio (Na) y Cloro (Cl), para aplicar riego por superficie y aspersión, en ambos pozos se encuentran dentro de los rangos habituales de uso para riego; de modo que no presentan grado de restricción.

Para efectos diversos, las concentraciones presentes de Bicarbonatos (HCO³) en el pozo # 1 para aplicar riego por aspersión, no presenta ningún grado de restricción, siendo apta para riego; en cambio para el pozo # 3 las concentraciones de HCO³ fueron de 3.56 m l¹¹, indicando que poseen un grado de restricción de ligero a moderado. Las altas concentraciones de bicarbonatos en el pozo # 3, ocurren debido a la hidroquímica del acuífero de Las Sierras, donde predominan las aguas bicarbonatadas cálcicas (Krásný y Hecht, 1989; Apelo y Postma, 1993).

Los niveles de pH para el pozo # 1 y # 3, se encuentran entre los rangos normales, de modo que estos niveles no representan ningún grado de riesgo.

Cuadro 5. Interpretación de la calidad de agua para riego para los pozos # 1 y # 3 en El Plantel, según directrices de FAO (1985)

Problemas potenciales en	Unidad	Pozo # 1	Pozo # 3	Grado de restricción de uso		
aplicación de riego				Ninguno	Ligero a moderado	Severo
Salin	idad (afecta la dis	sponibilida	d de agua	del cultivo)		
CE	dS m ⁻¹	0.5128	0.621	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
STD	mg l-1	328.19	397.44	< 450	450 - 2000	> 2 000
Toxic	idad iónica espec	ifica (afect	ta a cultivo	os sensibles)		
Sodio (Na)						
Riego superficial	RAS	2.51	1.05	< 3	3 - 9	> 9
Riego por aspersión	Meq 1-1	1.44	1.48	< 3	> 3	
Cloro (Cl)						
Riego superficial	Meq 1-1	0.41	0.54	< 4	4 - 10	> 10
Riego por aspersión	Meq l-1	0.41	0.54	< 3	> 3	
E	fectos diversos (a	fecta a cul	tivos susce	eptibles)		
Bicarbonatos (HCO ₃)						
(solo rociadores aéreos)	Meq l-1	0.74	3.56	< 1.5	1.5 - 8.5	> 8.5
pН	-	7.63	7.09	Rang	os normales 6.5	-8.4

CE: Conductividad eléctrica, STD: Sólidos totales disueltos, dS m⁻¹: decisiemens por metro, RAS: Relación de adsorción de sodio, meq l⁻¹: Miliequivalentes por litro.

CONCLUSIONES

Los niveles piezométricos se han comportado de acuerdo con la variación temporal de las precipitaciones y se encuentra en el rango histórico de niveles piezométricos del acuífero en esa zona.

La mayor recarga del acuífero en El Plantel se produce en el área con cobertura boscosa y en las plantaciones forestales, que corresponde a más del 50 % del uso de suelo; esto sugiere que el uso del suelo en El Plantel ha favorecido a la recarga de agua subterránea.

Los resultados del balance hídrico subterráneo reflejan que la extracción de agua en el pozo # 1, no exceden a la recarga del acuífero, por tanto, no existe explotación del recurso de agua subterránea en El Plantel.

El análisis de las muestras de aguas del pozo # 1 destinado para riego en El Plantel, cumple con los parámetros permisibles en riego establecidos en la norma de calidad de agua para la agricultura de la FAO; así como con los criterios de las Normas Riverside, de modo que es agua apta para riego. A su vez, se determinó que muestras pertenecientes al pozo # 3 presentan un grado de restricción de ligero a moderado, de modo que, son aguas con control para riego.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dirección de Investigación, Extensión y Posgrado (DIEP) de la Universidad Nacional Agraria por financiar esta investigación a través de los Fondos Concursables de Investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altamirano C, M. C. (2007). Estudio de la microcuenca y diseño de Plan de acción Participativo para potenciar la disponibilidad y calidad de agua en la comunidad de Colonia Roque, municipio de Tipitapa. Departamento de Managua. 2002. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua]. https://repositorio.unan.edu.ni/2396/.

Apelo, C. & Postman, D. (1993) "Geochemistry, groundwater and pollution" Ed. Balkema.

Autoridad Nacional del Agua (2022, 25 de octubre). Mapa Interactivo de Recursos Hídricos (Aprovechamiento subterráneo). http://aguaysaneamiento.info.ni/nimbu/mapas.html.

Ayers, R. S & Westcot, D. W. (1985). Water quality for Agriculture. FAO.

D'Elia, M., Paris, M. y Pérez, M. (2018). Balance de agua en un acuífero como base para la gestión sostenible y seguridad hídrica. *Aqua-LAC*, 10(1), 26–38. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373147Donna, F., Ibañéz, S., Gomez, L., Pabla, T., Vélez, V. y Rovira, S. (2021). *Análisis de las variaciones piezométricas de la subcuenca del carrizal a lo largo de su serie histórica*.

Fenzel, N. (1989). Nicaragua: geografía, clima, geología e hidrogeología. Universitario.

Fuentes Yagüe, J. y García Legaspi, G. (1999). Técnicas de riego. Ediciones Mundi Prensa.

Gomes, M., De Vargas, T., Belladona, R. y Duarte, M. (2018). Aplicação do Interpolador IDW para Elaboração de Mapas Hidrogeológicos Paramétricos na Região da Serra Gaúcha. *Scientia cum industria*, 6(3), 38-43.

Hargreaves, G. H. & Samani, Z. A. (1985). Reference Crop Evapotranspiration from Temperature. *Applied Engineering in Agriculture*, 1(2), 96–99. http://doi.org/10.13031/2013.26773

Hem, J. D. (1985). Study and Interpretation the Chemical of Natural of Characteristics Water. USGS. https://doi.org/10.3133/wsp2254 Hiscock, K. (2005). Hydrogeology Principles and Practice. Blackwell Publishing.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2020). Base de datos climática de la Dirección de Meteorología de INETER.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2009). Estudio de Caracterización hidrogeológica e Isotópica del lago de Nicaragua. Krásný, J. y Hecht, G. (1989). Estudios hidrogeológicos e hidroquímicos de la Región del Pacífico de Nicaragua. COSUDE, INETER. Losilla, M., Rodríguez, H., Schosinsky, G., Stimson, J. y Bethune, D. (2001). Los Acuíferos Volcánicos y el DD Sostenible en América

Margat, J. & Der Gun, J. V. (2013). Groundwater around the world A Geografhic Synopsis. CRC Press/Balkema.

Mejia, V. y Ramírez, J. (2016). Análisis De Las Variaciones De Niveles Piezométricos Del Complejo Acuífero Cuaternario, Registrados Dentro De Pozos Profundos, Por La Car, Entre 1998 Y 2007, En La Sabana De Bogotá [Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia]. RIUCaC. https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14015/4/TRABAJO%20DE%20GRADO%20 SABANA%20BOGOT%C3%81%20version%20final%20incluye%20agradecimientos.pdf

Morales-Hernández, K. (2021). Caracterización de la oferta, demanda y calidad del agua subterráneo para riego en El Plantel [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4412

Ramos-Leal, J. A., González-Moran, T. y Durazo J. (2009). La inversión del gradiente hidráulico y sus efectos en la hidrogeoquímica de dos grupos de pozos, bien diferenciados, en la zona de la Muralla, Guanajuato, México. *Revista de Geofísica*, (59), 5–17.

Schosinsky, G y Losilla, M. (2000). Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. *Revista Geológica de América Central*, (23), 43–55. https://doi.org/10.15517/rgac.v0i23.8579

Schosinsky, G. (2006). Cálculo de la Recarga Potencial a un Acuífero Mediante Un Balance Hídrico De Suelos. *Revista Geológica de América Central*, (34-35), 13–30. https://doi.org/10.15517/rgac.v0i34-35.4223

Staff, U. S. L. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.

United States Department of Agriculture. (2001). Soil Quality Test Kit Guide.

Vega, A., Pizarro, J., Lizama, K., Guerra, P. y Pastén, P. (2019). Calidad del Agua en las Américas Riesgos y Oportunidades. IANAS.

Erosividad mensual de la lluvia determinada a partir de información de cuatro estaciones meteorológicas de Nicaragua

Monthly rainfall erosivity determined from information of four meteorological stations from Nicaragua

Miguel Enrique Blanco Chávez

MSc. en Ingeniería Ambiental, Profesor Titular, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3138-4209/miguel.blanco@piensa.uni.edu.ni/meblanco_ch@yahoo.es

Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua



RESUMEN

La estimación de la erosión del suelo con el método de la ecuación universal revisada de pérdida de suelo (RUSLE) requiere estimar el índice de erosividad de la lluvia. El objetivo del estudio fue determinar el índice de erosividad mensual de la lluvia Rmes utilizando los registros de las estaciones meteorológicas Aeropuerto de Managua y Rivas (Zona del pacífico), Jinotega (zona central Norte) y Juigalpa (zona central sur). Se utilizaron los pluviogramas de las estaciones para calcular el índice de erosividad de la lluvia con la expresión propuesta por Wischmeier y Smith en 1978. Al pluviograma de cada tormenta se le estimó la energía cinética total de la tormenta (E) y la intensidad máxima en 30 minutos (I_{30}), se obtuvo el índice de erosividad de la tormenta R_1 como el producto EI_{30} , y se obtuvo el índice de erosividad mensual Rmes como la suma de todos los R_1 de las tormentas de un mes. Se utilizaron los datos mensuales de precipitación para calcular el índice modificado de Fournier (*IMF*). Se obtuvieron ecuaciones lineales de correlación de los valores mensuales del índice de erosividad de la lluvia y el índice modificado de Fournier con un coeficiente de determinación mayor que 0.70. Se evaluó la bondad del ajuste de las ecuaciones de correlación mediante los parámetros coeficiente de determinación (r²), porcentaje de sesgo PBIAS y raíz del error cuadrático medio (RMSE), resultando que las ecuaciones de correlación determinadas son buenas para estimar el índice de erosividad de la lluvia a escala mensual. Las ecuaciones podrían ser utilizadas en los meses de mayo a octubre, cuando se presentan las lluvias significativas en los departamentos de Managua, Rivas, Jinotega y Chontales. Los máximos valores del índice de erosividad de la lluvia R se presentaron en los períodos de mayo-junio y septiembre-octubre.

Palabras clave: erosión hídrica, pluviograma, tormenta, índice modificado de Fournier.

Abreviatura: RUSLE: ecuación universal revisada de pérdida de suelo.

ABSTRACT

The estimation of soil erosion with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) method, requires estimating the rainfall erosivity index. The aim of this study is to determine the monthly rainfall erosivity index for the meteorological stations Managua Airport, Rivas at pacific south part, Jinotega at central north part and Juigalpa at central south part of the country. Pluviographs from the stations were used to calculate the rainfall erosivity index, using the equations proposed by Wischmeier & Smith in 1978. The total kinetic energy (E) was estimated for each storm and its maximum intensity in 30 minutes of duration (I_{30}) , the storm erosivity index $R_{\rm t}$ was estimated as the product of EI_{30} , and the monthly rainfall erosivity index Rmes was estimated as the sum of all the R from the storms that belong to a month. The monthlies precipitations data were used to calculate the Fournier modified index IMF. It was obtained linear correlation equations from the monthly values of rainfall erosivity index, and the Fournier modified index with a coefficient of determination greater than 0.70. It was verified the performance of the correlation equations with the coefficient of determination (r2), the Percent Biass (PBIAS) and the root mean square error (RMSE), resulting those the determined correlation equations are good to estimate rainfall erosivity index at monthly scale. The equations could be used through the months May to October, when are presents the significant rainfalls in the Managua, Jinotega, Juigalpa and Rivas departments. The maximums values of the erosivity index R were presents in the periods May-June and September-October.

Keywords: Hydric erosion, pluviograph, storm, Fournier modified index.

Abbreviation: RUSLE: Revised universal soil lost equation.

Recibido: 8 de julio del 2022 Aceptado: 1 de diciembre del 2022



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 edgardo.jimenez@ci.una.edu.ni

n Nicaragua, la mayor actividad económica es la agropecuaria y tiene influencia en las tasas de erosión anual de los suelos y en el rendimiento de los cultivos. La agricultura y ganadería practicada en suelos con vocación forestal incrementan la tasa de erosión, por lo que se requiere estudios que permitan determinar los niveles de erosión actual para hacer los cambios en el uso del suelo, según su vocación, y así disminuir la pérdida del suelo. Uno de los métodos utilizados para hacer la estimación de la pérdida de suelo es la fórmula universal revisada de pérdida de suelo (RUSLE, por sus siglas en idioma inglés), la cual emplea el índice de erosividad de la lluvia R, que según Wischmeier y Smith (1978), se estima en función de la energía total de la tormenta E y la intensidad máxima de la lluvia en un período de 30 minutos. Estos dos solamente se pueden estimar en estaciones que registran de forma continua la precipitación y con intervalos cortos de tiempo. En Nicaragua hay muy pocas estaciones de este tipo, la mayoría de las estaciones registran datos a nivel diario, y en ellas se dispone de registros mensuales de precipitación, por lo que se requiere desarrollar un método que permitan estimar el valor del índice de erosividad mensual de la tormenta R_{max} a partir de datos de precipitaciones mensuales.

Arnoldus (1977) en un estudio en Marruecos utilizó datos mensuales de precipitación para obtener buenas correlaciones del índice de erosividad anual R_a y el índice modificado de Fournier (IMF), recomendando este procedimiento en la estimación de R_a para sitios con escasos datos de intensidades de lluvias. Los autores Renard y Freimund (1994) utilizaron datos de precipitación mensual para estimar el *IMF* y el índice de erosividad anual R_s, con un alto coeficiente de correlación. En Argentina, Ares et al. (2012) estudiaron la correlación de los valores estacionales R_{est} y la precipitación, obteniendo buenos resultados ($r^2 = 0.83$) concluyendo que las estimaciones de R_{est} a nivel estacional a partir de datos de precipitación son aceptables. En este estudio se plantea la correlación del índice de erosividad mensual R_{mes} y el IMF mensual en función de las precipitaciones mensuales; esto permitiría estimar el índice de erosividad R_{mes} en las regiones del país que no cuenten con datos de precipitaciones pluviográficas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología. En este estudio se utilizó la metodología propuesta por Wischmeier y Smith (1978) y Renard *et al.* (1997), en la que se determinan los valores del índice de erosividad de la lluvia para cada tormenta $R_{\rm t}$, en función de su energía cinética total y la intensidad máxima en 30 minutos. El índice de erosividad mensual de la lluvia $R_{\rm mes}$ se estima como la suma de todos los $R_{\rm t}$ que se presentaron en un mes. Con la información de $R_{\rm mes}$ obtenida, se presenta la variación mensual del índice de erosividad mensual media R en las estaciones

pluviográficas Aeropuerto de Managua, Rivas, Jinotega y Juigalpa. Considerando la escasez de datos pluviográficos para la determinación del índice de erosividad de la lluvia, se relaciona el índice modificado de Fournier (IMF) con el índice de erosividad mensual $R_{\rm mes}$, para obtener ecuaciones lineales de correlación que permitan estimar el índice $R_{\rm mes}$ a partir de datos de precipitación mensuales. Otros autores como Pérez y Senent (2015); Rivera y Gómez (1991); Blanco Chávez (2019) y Gutiérrez y Blanco Chávez (2021) han aplicado esta metodología. Se evaluó la bondad del ajuste de las ecuaciones de correlación lineal mediante los parámetros: coeficiente de determinación (r^2), porcentaje de sesgo PBIAS y raíz del error cuadrático medio RMSE.

La información de precipitación se obtuvo de los registros del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), los datos obtenidos corresponden a precipitaciones de cada tormenta analizada (mm) e intensidad máxima en 30 minutos (mm h⁻¹), derivados del pluviograma y precipitaciones mensuales (mm). Se analizaron las precipitaciones de las estaciones meteorológicas con registros pluviográficos que disponen de datos con intervalo de cinco minutos, como es el caso de las estaciones Aeropuerto de Managua (código 69027), Rivas (código 69070), Jinotega (código 55020) y Juigalpa (código 69034). Las dos primeras estaciones están en la región del Pacifico y las otras dos en la región central Norte y Sur del país respectivamente.

Para la estación Aeropuerto de Managua, en el período de registro 2000-2016 se dispuso de datos en 116 meses, con 466 eventos de precipitación. Para la estación Jinotega, en el período de registro 1996-2015 se dispuso de datos en 120 meses, con 383 eventos de precipitación. En la estación Juigalpa, período de registro 1972-1991, se dispuso de datos en 96 meses, con 375 eventos de precipitación. Para la estación Rivas, en el período de registro 1970-1991, se dispuso de datos de 136 meses, con 575 eventos de precipitación.

Las variables del estudio se calcularon según el procedimiento descrito a continuación.

Índice de erosividad de la lluvia (R_t). El valor del índice de erosividad de la lluvia para una tormenta (Wischmeier y Smith, 1978), se calcula como el producto de la energía total de la tormenta (E) por la intensidad máxima de la tormenta en un período de 30 minutos (I_{30}):

$$R_{t} = EI_{30} \tag{1}$$

Donde:

 $R_{\rm t}$ = Índice de erosividad de la lluvia (MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹), para una tormenta.

E = Energ'ia cin'etica total de la tormenta (MJ ha⁻¹)

 $I_{30} =$ Intensidad máxima de la tormenta en 30 minutos (mm h^{-1})

Se analizaron las lluvias con una altura mayor o igual a 12.4 mm. La suma de los valores de EI_{30} de las tormentas de un período dado es una medida numérica del potencial erosivo de la lluvia en ese período.

La energía de la tormenta E es un indicador del volumen y la escorrentía de esa tormenta; la intensidad I_{30} indica la tasa de duración del pico de destrucción del suelo y escorrentía. El producto EI_{30} , técnicamente, indica cómo la desagregación de las partículas del suelo es combinada con la capacidad de transporte.

El valor de la energía cinética total ${\cal E}$ de una tormenta se estima con:

$$E = \sum_{k}^{m} e_k h_k \tag{2}$$

Donde:

e: es la energía cinética unitaria en el tramo k de la lluvia (MJ / (ha-mm), h: es la altura de lluvia en el tramo "k" en mm, "m" es el número de tramos de la lluvia en estudio, y E se expresa en MJ ha^{-1} .

La energía de la tormenta es función de la cantidad de lluvia y de todas las intensidades componentes de la tormenta. Brown y Foster (1987), como se citó en Renard *et al.* (1997) proponen estimar la energía cinética unitaria de la tormenta mediante la ecuación:

$$e_{\nu} = 0.29 [1 - 0.72 \exp(-0.05 I)]$$
 (3)

Donde:

ek: energía cinética unitaria de un tramo "k" de lluvia en Megajulio) por hectárea por milímetro de altura de lluvia del tramo analizado (MJ / (ha-mm)).

I: intensidad del tramo "k" de la tormenta (mm h-1).

Para utilizar las ecuaciones (2) y (3) la tormenta se divide en tramos, cada tramo "k" consiste en el intervalo de tiempo en el cual la intensidad de la lluvia es aproximadamente constante, esto es cuando el gráfico del pluviograma tiene pendiente casi uniforme.

Se determinaron los valores de R de las tormentas seleccionadas en las estaciones pluviográficas con las ecuaciones (1), (2) y (3) y el valor mensual como la suma de los valores de R de las tormentas de cada mes.

$$R_{mes} = \sum_{i=1}^{m} R_{ti} \tag{4}$$

Donde:

m = Número de tormentas en un mes

 $R_{\text{mes}} = \text{Índice}$ de erosividad de la lluvia en el mes (MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹) / mes

Rti =Índice de erosividad de la lluvia de la tormenta "i" (MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹) en un mes.

Índice Modificado de Fourier (*IMF***).** Arnoldus (1977) plantea que cuando no existe una adecuada densidad de estaciones pluviográficas, para estimar el índice *R*, se puede utilizar una aproximación correlacionando *R* y el índice modificado de Fournier. En ese estudio presenta el índice modificado de Fournier como:

$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P} \tag{5}$$

Donde:

IMF =Índice modificado de Fournier (mm)

 P_i = Lluvia promedio mensual del mes "i" (mm)

P = Lluvia promedio anual (mm)

Arnoldus (1977) también demuestra que existe una alta correlación entre el índice de erosividad $R_{\rm a}$ y el índice *IMF*. Los resultados concuerdan muy bien con los valores de aquellas estaciones para las cuales el índice $R_{\rm a}$ ha sido calculado con el método del RUSLE. Los resultados anteriores fueron confirmados por Renard y Freidmund (1994) en Estados Unidos de América (EE. UU.) con un alto coeficiente de correlación. El *IMF* ha sido utilizado en estudios para estimar $R_{\rm a}$ en varios países como Colombia (Rivera y Gómez, 1991), España (De Luis *et al.*, 1997; Pérez y Senent, 2015) y Marruecos (Saldaña *et al.*, 2014). Se determinaron los valores mensuales del *IMF* en las estaciones pluviográficas derivados de la ecuación (5), dividiendo el cuadrado de la precipitación del mes en cuestión (Pi²) por la precipitación promedio anual de la serie (P), de esa forma se obtiene un *IMF* para cada mes.

Análisis estadístico. Para determinar las relaciones entre el *IMF* y el *R*, se llevaron a cabo análisis de regresiones lineales simples. Así mismo, se evaluaron los coeficientes de determinación lineal r², porcentaje de sesgo *PBIAS* y raíz del error cuadrático medio *RMSE*; este análisis se efectuó con datos mensuales. Los análisis estadísticos fueron realizados en la hoja de cálculo Excel.

Ecuaciones de correlación. Se procedió al análisis de correlación entre las variables *R* mensual e *IMF* mensual, adoptándose una correlación lineal como la de mejor ajuste. Se evaluó la bondad del ajuste obtenido. Los parámetros de

evaluación utilizados fueron: coeficiente de determinación lineal r^2 (6), porcentaje de sesgo PBIAS (7) y raíz del error cuadrático medio RMSE (8). El coeficiente r^2 mide la asociación lineal entre dos variables, es adimensional y varía de cero a uno, mientras más se acerca a uno, hay mayor asociación entre las variables. El porcentaje de sesgo PBIAS evalúa la tendencia promedio entre el dato observado y el estimado, deberá ser $\leq \pm 25\%$ y $r^2 \geq 0.6$ (Moriasi et al., 2007). El *RMSE* permite cuantificar la magnitud de la desviación de los valores estimados respecto a los observados, o sea, la exactitud. Las ecuaciones (6), (7) y (8) son las utilizadas para el cálculo de r^2 , *PBIAS* y *RMSE*.

$$r^{2} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} (X_{i} - X_{m}) \times (Y_{i} - Y_{m})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (X_{i} - X_{m})^{2} \times \sum_{i=1}^{n} (Y_{i} - Y_{m})^{2}}}\right)^{2}$$
(6)

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - Y_i)}{\sum_{i=1}^{n} X_i} x100$$
 (7)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (Y_i - X_i)^2}{n}}$$
 (8)

Dónde: X_i = valor observado, X_m = valor medio observado, Y_i = valor estimado, Y_m = valor medio estimado, Y_m = número de pares de datos.

Debido a que el *RMSE* puede resultar con un valor muy grande, ya que depende de la escala de valores de las series de datos, es difícil determinar su magnitud sin un punto de referencia, por lo cual se introduce la variable error cuadrático medio normalizado (*MEF*) que normaliza el *RMSE* con respecto a la desviación estándar, y poder evaluar la eficiencia de la ecuación de correlación, mientras más bajo es *MEF* mejor es el desempeño del modelo, varía de 0 a α (Zhong y Dutta, 2015).

$$MEF = \frac{RMSE}{STDEV} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=}^{n} (Y_{i} - X_{i})^{2}}{n}}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=}^{n} (X_{i} - X_{m})^{2}}{n}}}$$
(9)

Dónde: *MEF* es el error cuadrático medio normalizado, *RMSE* es el error cuadrático medio y *STDEV* es la desviación estándar de los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estación Aeropuerto de Managua. Utilizando las ecuaciones índice de erosividad de la lluvia (1), energía cinética total (2), y energía cinética unitaria de un tramo (3) se estimó *R*, de cada tormenta para el período 2000-2016 y se

obtuvieron los valores de erosividad de la lluvia de cada mes $R_{\rm mes}$ con la ecuación de índice de erosividad de la lluvia en el mes (4). En la estación Aeropuerto de Managua los valores mensuales R_{mes} se presentan principalmente en los meses de mayo a octubre. Los otros meses del año no tienen valores significativos de R_{mes} . Con la ecuación del índice modificado de Fournier (5) se calculó los valores de IMF mensuales. La Figura 1 (a y b) muestran las variaciones de R e IMF promedios mensuales, donde se puede observar que el índice IMF tiene una distribución bimodal dado que es función de las precipitaciones y que la erosividad R también sigue una distribución bimodal. Los máximos valores de R promedio mensual se presentan en los períodos más lluviosos del año, mayo-junio y septiembre-octubre; para el primer período el valor máximo se presenta en mayo con un valor de 1 014 MJ ha⁻¹ - mmh⁻¹, y para el segundo período se presenta en septiembre con un valor de 1 323 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹.

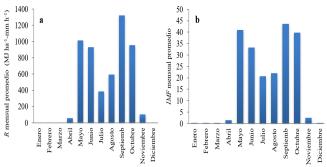


Figura 1. *R* mensual promedio (a) e *IMF* mensual promedio (b), estación Aeropuerto de Managua período 2000-2016.

Se obtuvo la ecuación de correlación lineal para los datos del índice de erosividad de la lluvia $R_{\rm mes}$ e índice modificado de Fournier *IMF* mensual de la estación Aeropuerto de Managua, para el período 2000-2016. El coeficiente de determinación obtenido fue $r^2 = 0.75$, indicando que hay una buena relación lineal entre las variables *IMF* mensual y R mensual. La ecuación de correlación obtenida es:

$$R_{\text{mes}} = 17.06 \times IMF + 247.9 \tag{10}$$

La ecuación de correlación (10) se utilizó para estimar los valores de *R* mensual del período de datos analizados, a estos los llamaremos "*R* estimado". A los valores *R* mensual calculados a partir de los datos pluviográficos y la ecuación (4), los llamaremos "*R* observado". Se procedió a correlacionar el valor *R* estimado con el valor *R* observado.

En el Cuadro 1 se indica la comparación de los datos estadísticos obtenidos de $R_{\rm mes}$ en la estación Aeropuerto de Managua. Se puede ver que la ecuación de correlación (10) sobreestima el valor mínimo de $R_{\rm mes}$ con una diferencia de 245 MJ ha $^{-1}$ - mm h $^{-1}$, sobrestima el valor máximo por 129.1 MJ

ha⁻¹ - mm h⁻¹, y subestima el valor medio, con una diferencia de 11.9 MJ ha^{-1} - mm h⁻¹. La desviación estándar de R_{mes} estimado indica que el dato estimado varía menos alrededor de la media que el dato observado, con una diferencia de 117.3. Haciendo el análisis de desempeño de la ecuación de correlación (10) a través de los parámetros coeficiente de determinación (r²) y porcentaje de sesgo (PBIAS), el resultado de la estimación indica que el dato estimado se considera bueno para r^2 (0.75) y muy bueno para PBIAS (1.53 %), y bueno para MEF (0.50).

Cuadro 1. Datos estadísticos de R_{mes} (MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹) en el período 2000-2016, estación Aeropuerto de Managua

Estadístico	R mensual observado		R mensual estimado
Mínimo	9.8		254.8
Máximo	3 546.6		3 675.7
Medio	779.7		767.8
Desviación estándar	788.3		671.0
r^2		0.75	
PBIAS (%)		1.53	
RMSE		390.60	
MEF = RMSE/DesvStand		0.50	
Cantidad de datos		116	

r²: coeficiente de determinación lineal, *PBIAS*: porcentaje de sesgo, *RMSE*: raíz del error cuadrático medio, *MEF*: error cuadrático medio normalizado, DesvStand: desviación estándar.

Otros autores como Arnoldus (1977) en Marruecos, Renard y Freidmund (1994) en EE. UU., Rivera y Gómez (1991) en Colombia, Pérez y Senent (2015) en España y Saldaña *et al.* (2014) en Marruecos, han demostrado que existe una alta correlación entre el índice de erosividad de la lluvia R y el índice modificado de Fournier IMF, lo que confirma el resultado obtenido para la correlación entre R e IMF en la estación Aeropuerto de Managua.

Estación Jinotega. Utilizando las ecuaciones índice de erosividad de la lluvia (1), energía cinética total (2), y energía cinética unitaria de un tramo (3) se estimó R, de cada tormenta para el período 1996-2015 y se obtuvieron los valores de erosividad de la lluvia de cada mes R_{mes} con la ecuación índice de erosividad de la lluvia en el mes (4). En la estación Jinotega los valores mensuales R_{mes} se presentan principalmente en los meses de mayo a octubre. Los otros meses del año no tienen valores significativos de R. Con la ecuación del índice modificado de Fournier (5) se calculó los valores de IMF mensuales. Las Figuras 2 (a y b) muestran las variaciones de R e IMF promedios mensuales, donde se puede observar que el índice IMF tiene una distribución bimodal dado que es función de las precipitaciones y que la erosividad R también sigue una distribución bimodal. Los máximos valores de R se presentan en los períodos más lluviosos del año, mayo-junio y septiembre-octubre; para el primer período el valor máximo se presenta en junio con un valor de 546 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹, y para el segundo período se presenta en octubre con un valor de 685 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹.

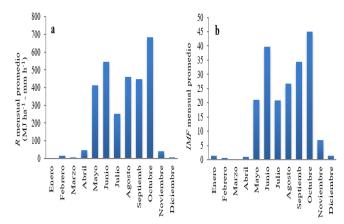


Figura 2. *R* mensual promedio (a) e *IMF* mensual promedio (b), estación Jinotega período 1996-2015.

Se obtuvo la ecuación de correlación lineal para los datos índice de erosividad de la lluvia $R_{\rm mes}$ e índice modificado de Fournier *IMF* mensual de la estación Jinotega, para el período 1996-2015. El coeficiente de determinación es $\rm r^2$ =0.74, indicando que hay una buena relación lineal entre las variables *IMF* mensual y R mensual. La ecuación de correlación obtenida es:

$$R_{\text{mes}} = 12.19 \times IMF + 68.88 \tag{11}$$

La ecuación de correlación (11) se utilizó para estimar los valores de *R* mensual del período de datos analizados, a estos los llamaremos "*R* estimado". A los valores *R* mensual calculados a partir de los datos pluviográficos y la ecuación (4), los llamaremos "*R* observado". Se procedió a correlacionar el valor *R* estimado con el valor *R* observado.

En el Cuadro 2 se muestra la comparación de los datos estadísticos de $R_{\rm mes}$ obtenidos en la estación Jinotega. Se puede ver que la ecuación de correlación (11) sobreestima el valor mínimo de $R_{\rm mes}$ con una diferencia de 54.9 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹, subestima el valor máximo por 64.3 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹, y subestima el valor medio, con una diferencia de 0.20 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹. La desviación estándar de $R_{\rm mes}$ estimado indica que el dato estimado varía menos alrededor de la media que el dato observado, con una diferencia de 71.6. Haciendo el análisis de desempeño de la ecuación de correlación (11) a través de los parámetros coeficiente de determinación r² y porcentaje de sesgo PBIAS, el resultado de la estimación indica que el dato estimado es considera bueno para r² (0.74), muy bueno para PBIAS (0.05 %), y bueno para MEF (0.51).

Cuadro 2. Datos estadísticos de $R_{\rm mes}$ (MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹) en el período 1996-2015, estación Jinotega

Estadístico	R mensual observado		R mensual estimado
Mínimo	16.5		71.4
Máximo	2 989.7		2 925.4
Medio	415.9		415.7
Desviación estándar	501.0		429.4
\mathbf{r}^2		0.74	71.4
PBIAS (%)		0.05	
RMSE		256.80	
MEF = RMSE/DesvStand		0.51	
Cantidad de datos		120	

r²: coeficiente de determinación lineal, *PBIAS*: porcentaje de sesgo, *RMSE*: raíz del error cuadrático medio, *MEF*: error cuadrático medio normalizado. DesvStand: desviación estándar.

Autores como Arnoldus (1977) en Marruecos, Renard y Freidmund (1994) en EE. UU, Rivera y Gómez (1991) en Colombia, Pérez y Senent (2015) en España y Saldaña *et al.* (2014) en Marruecos, han demostrado que existe una alta correlación entre el índice de erosividad de la lluvia *R* y el índice modificado de Fournier *IMF*, lo que confirma el resultado obtenido para la correlación entre *R* e *IMF* en la estación Jinotega.

Estación Juigalpa. Utilizando las ecuaciones índice de erosividad de la lluvia (1), energía cinética total (2), y energía cinética unitaria de un tramo (3) se estimó R de cada tormenta para el período 1972-1991 y se obtuvieron los valores de erosividad de la lluvia de cada mes R_{max} con la ecuación índice de erosividad de la lluvia en el mes (4). En la estación Juigalpa los valores mensuales $R_{\rm mes}$ se presentan principalmente en los meses de mayo a noviembre. Los otros meses del año no tienen valores significativos de R_{mes} . Con la ecuación del índice modificado de Fournier (5) se calculó los valores de IMF mensuales. Las Figuras 3 (a y b) muestran las variaciones de R e IMF promedios mensuales, y se observa que el índice *IMF* tiene una distribución bimodal dado que es función de las precipitaciones y que la erosividad R también sigue una distribución bimodal. Los máximos valores de R se presentan en los períodos más lluviosos del año, mayo-junio y agosto-octubre; para el primer período el valor máximo se presenta en junio con un valor de 752 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹, y para el segundo período se presenta en septiembre con un valor de 845 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹.

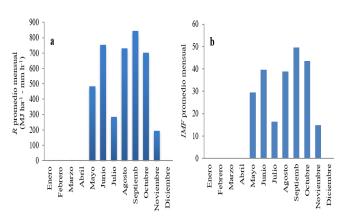


Figura 3. *R* mensual promedio (a) e *IMF* mensual promedio (b), estación Juigalpa período 1972-1991.

Se obtuvo la ecuación de correlación lineal para los datos índice de erosividad de la lluvia $R_{\rm mes}$ e índice modificado de Fournier *IMF* mensual de la estación Juigalpa, para el período 1972-1991. El coeficiente de determinación es $r^2 = 0.78$, indicando que hay una buena relación lineal entre las variables IMF mensual y R mensual. La ecuación de correlación obtenida es:

$$R_{\text{mes}} = 14.74 \times IMF + 125.1 \tag{12}$$

La ecuación de correlación (12) se utilizó para estimar los valores de *R* mensual del período de datos, a estos los llamaremos "*R* estimado". A los valores *R* mensual calculados a partir de los datos pluviográficos y la ecuación (4), los llamaremos "*R* observado".

En el Cuadro 3 se presenta la comparación de los datos estadísticos obtenidos de $R_{\rm mes}$ en la estación Juigalpa. Se puede ver qué la ecuación de correlación (12) sobreestima el valor mínimo de $R_{\rm mes}$ con una diferencia de 121.6 MJ ha¹ - mm h¹, subestima el valor máximo por 123.6 MJ ha¹ - mm h¹, y el valor medio fue casi igual al valor observado, con una diferencia de 0.10 MJ ha¹ - mm h¹. La desviación estándar de $R_{\rm mes}$ observado indica que el dato observado varía más alrededor de la media que el dato estimado, con una diferencia de 64.4. Haciendo el análisis de desempeño de la ecuación de correlación (12) a través de los parámetros coeficiente de determinación r² y porcentaje de sesgo PBIAS, el resultado de la estimación indica que el dato estimado es considerado bueno para r² (0.78) y muy bueno para PBIAS (0.03 %), y bueno para MEF (0.47).

Cuadro 3. Datos estadísticos de $R_{\rm mes}$ (MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹) en el período 1972-1991, estación Juigalpa

Estadístico	R mensual		R mensual
Estatistico	observado		estimado
Min	22.5		144.1
Max	2 270.1		2 146.5
Medio	596.2		596.1
Desviación Estándar	538.6		474.2
r^2		0.78	
PBIAS (%)		0.03	
RMSE		254.00	
MEF = RMSE/DesvStand		0.47	
Cantidad de datos		96	

r²: coeficiente de determinación lineal, *PBIAS*: porcentaje de sesgo, *RMSE*: raíz del error cuadrático medio, *MEF*: error cuadrático medio normalizado, DesvStand: desviación estándar.

Otros autores como Arnoldus (1977) en Marruecos, Renard y Freidmund (1994) en EE. UU., Rivera y Gómez (1991) en Colombia, Pérez y Senent (2015) en España y Saldaña *et al.* (2014) en Marruecos, han demostrado que existe una alta correlación entre el índice de erosividad de la lluvia *R* y el índice modificado de Fournier *IMF*, lo que confirma el resultado obtenido para la correlación entre *R* e *IMF* en la estación Juigalpa.

Estación Rivas. Utilizando las ecuaciones índice de erosividad de la lluvia (1), energía cinética total (2), y energía cinética unitaria de un tramo (3) se estimó R, de cada tormenta para el período 1970-1991 y se obtuvieron los valores de erosividad de la lluvia de cada mes R_{mes} con la ecuación índice de erosividad de la lluvia en el mes (4). En la estación Rivas los valores R_{mes} se presentan principalmente en los meses de mayo a noviembre. Los otros meses del año no tienen valores significativos de $R_{\rm mes}$. Con la ecuación del índice modificado de Fournier (5) se calculó los valores de IMF mensuales. Las Figuras 4 (a y b) muestran las variaciones de R e IMF promedios mensuales, y se observa que el IMF tiene una distribución bimodal dado que es función de las precipitaciones y que la erosividad R también sigue una distribución bimodal. Los máximos valores de R se presentan en los períodos más lluviosos del año, mayo-junio y agostooctubre; para el primer período el valor máximo se presenta en junio con un valor de 1 125 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹, y para el segundo período se presenta en septiembre con un valor de 1 013 MJ ha-1 - mm h-1.

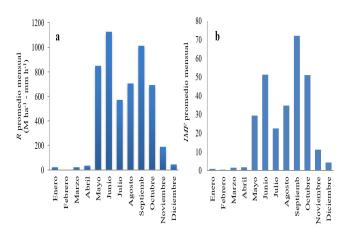


Figura 4. *R* mensual promedio (a) e (b) *IMF* mensual promedio, estación Rivas, período 1970-1991.

Se obtuvo la ecuación de correlación lineal para los datos índice de erosividad de la lluvia $R_{\rm mes}$ e índice modificado de Fournier IMF mensual de la estación Rivas, para el período 1970-1991. El coeficiente de determinación es ${\rm r}^2=0.70$, indicando que hay una buena relación lineal entre las variables IMF mensual y R mensual. La ecuación de correlación obtenida es:

$$R = 14.41 \times IMF + 227.1 \tag{13}$$

La ecuación de correlación (13) se utilizó para estimar los valores de *R* mensual del período de datos, a estos los llamaremos "*R* estimado". A los valores *R* mensual calculados a partir de los datos pluviográficos y (4), los llamaremos "*R* observado".

En el Cuadro 4 se muestra la comparación de los datos estadísticos obtenidos de $R_{\rm mes}$ para el período 1970-1991 en la estación Rivas. Se puede ver que la ecuación de correlación (13) sobreestima el valor mínimo de $R_{\rm mes}$ con una diferencia de 221.2 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹, subestima el valor máximo por 940.2 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹, y subestima el valor medio, con una diferencia de 0.10 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹. La desviación estándar de $R_{\rm mes}$ observado indica que el dato observado varía más alrededor de la media que el dato estimado, con una diferencia de 119.1. Haciendo el análisis de desempeño de correlación (13) a través de los parámetros coeficiente de determinación r^2 y porcentaje de sesgo PBIAS, el resultado de la estimación indica que el dato estimado es considera bueno para r^2 (0.70), muy bueno para r^2 (0.70) y bueno para r^2 (0.55).

Cuadro 4. Datos estadísticos de R_{mes} (MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹) en el período 1970-1991, estación Rivas

Estadístico	R mensual observado		R mensual estimado
Min	9.5		230.7
Max	4 284.4		3 344.2
Medio	718.5		718.4
Desviación Estándar	723.7		604.6
\mathbf{r}^2		0.70	
PBIAS (%)		0.01	
RMSE		396.20	
MEF = RMSE/DesvStand		0.55	
Cantidad de datos		136	

r²: coeficiente de determinación lineal, *PBIAS*: porcentaje de sesgo, *RMSE*: raíz del error cuadrático medio, *MEF*: error cuadrático medio normalizado, DesvStand: desviación estándar.

En las cuatro estaciones meteorológicas estudiadas se muestra una distribución bimodal de los *R* promedio mensual, debido a la distribución bimodal de las precipitaciones en Nicaragua. Este comportamiento bimodal del índice *R* ha sido descrito por Calero *et al.* (2021), en un estudio en el Valle del Cauca, Colombia, donde se utilizaron datos pluviográficos de 12 estaciones. También en el estudio de Ares *et al.* (2012) en Argentina, describe un comportamiento bimodal de la distribución de *R*.

En la estación del Aeropuerto de Managua el valor máximo promedio mensual de *R* es 1 323 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹ que ocurre en el mes de septiembre, y el segundo valor más alto es de 1 013 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹ en el mes de mayo (Figura 1a). En la estación de Jinotega el valor máximo promedio mensual de *R* es 685 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹ que ocurre en el mes de octubre, y el segundo valor más alto es de 546 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹ en el mes de junio (Figura 2a). En la estación de Rivas el valor máximo promedio mensual de *R* es 1 125 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹ que ocurre en el mes de junio y el segundo valor más alto es de 1 013 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹ en el mes de septiembre (Figura 4a). En la estación Juigalpa, en el departamento de Chontales, el valor máximo promedio mensual de *R* es 845 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹ que ocurre en el mes de septiembre, y el segundo valor más alto es de 752 MJ ha⁻¹ - mm h⁻¹ en el mes de junio (Figura 3a).

Se observa que hay variaciones espaciales en los valores del índice de erosividad de la lluvia, las que obedecen a las características climáticas de cada departamento donde se localizan las cuatro estaciones analizadas. Los autores Pérez y Senent (2015) en un estudio en España también encontraron

esta variación espacial del índice *R*, asociada a los regímenes de lluvia por región climática. En Colombia Lince y Castro (2015) en un estudio en la región cafetera de Quindío también encontraron variaciones espaciales en el índice *R*, asociados a los regímenes de lluvia de los sitios estudiados.

En las cuatro estaciones meteorológicas analizadas se observó (Figuras 1 a 4) que cuando los valores del *IMF* se incrementan también se incrementan los valores de R, esto es debido a que cuando se incrementan las precipitaciones el *IMF* y el R también se incrementan. Esto da como resultado que la correlación de R y el *IMF* para el período de estudio tenga un coeficiente de determinación $r^2 \ge 0.70$, que es bueno.

En el análisis estadístico se logró obtener buenos resultados (Cuadros 1 a 4), los parámetros de evaluación coeficiente de determinación (r^2), porcentaje de sesgo (PBIAS) y raíz del error cuadrático medio (RMSE) resultaron satisfactorios. Se han obtenido resultados similares en estudios realizados en Marruecos por Arnoldus (1977), en Colombia por Rivera y Gómez (1991), Lince y Castro (2015) y Calero Mosquera (2021); en EE. UU. por Renard y Freimund (1994), en Nicaragua por Blanco Chávez (2019) y Gutiérrez y Blanco Chávez (2021). Lo anterior nos permite afirmar que las ecuaciones de correlación (10), (11), (12) y (13) se podrían utilizar para la estimación de $R_{\rm mes}$ a partir del IMF mensual en aquellos sitios cercanos a las estaciones en estudio que sólo disponen de datos mensuales de precipitación.

CONCLUSIONES

El índice de erosividad mensual promedio (R) varía en función de las estaciones meteorológicas. En todas las estaciones se presentan valores picos en los períodos mayojunio y septiembre-octubre, valores que se corresponden con la distribución de las precipitaciones en los departamentos de Managua, Rivas Jinotega y Chontales.

Las estaciones Aeropuerto de Managua y Rivas, presentan mayores valores picos del índice de erosividad mensual promedio que los valores obtenidos en las estaciones Jinotega y Juigalpa.

Según el índice modificado de Fournier (IMF) e índice de erosividad de la lluvia ($R_{\rm mes}$) a escala mensual, indica que pueden ser usado en sitios cercanos a las estaciones estudiadas que cuentan con datos mensuales de precipitación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ares, M. G., Varni, M. y Entraigas, I. (2012). Análisis estacional de la erosividad de las precipitaciones y la potencialidad de pérdida de suelo en la localidad de Azul (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Cuadernos del CURIHAM*. https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/7152/An%C3%A1lisis%20estacional%20de%20la%20erosividad%20de%20las%20precipitaciones. pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Arnoldus, H. M. (1977). Methodology used to determine the maximum average soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. Assessing Soil Degradation. FAO.
- Blanco Chávez, M. E. (2019). Factor Erosividad de la lluvia en la subcuenca Sur del lago Xolotlán, Managua. *Nexo Revista Científica*, 32(1), 41-51. https://doi.org/10.5377/nexo.v32i01.7986
- Calero Mosquera, D., Martínez López, C. y Menjívar Flores, J. C. (2021). Evaluación de modelos para estimar la erosividad de la lluvia en el Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agronómica*, 70(2), 198-210. https://doi.org/10.15446/acag.v70n2.95115
- Gutiérrez, I. C. y Blanco Chávez, M. E. (2021). Erosión Hídrica Superficial en la microcuenca del río Mancotal en Jinotega, Nicaragua. Nexo, 34(2), 625-635. https://doi.org/10.5377/nexo.v34i02.11548
- De Luis, M., González-Hidalgo, J. C., Raventos, J., Sánchez, J. R. y Cortina, J. (1997). Distribución espacial de la concentración y agresividad de la lluvia en el territorio de la comunidad Valenciana. *Cuaternario y Geomorfología*, 11, 33-44. http://tierra.rediris.es/CuaternarioyGeomorfologia/images/voll1 2/cuaternario11(3-4) 03 .pdf
- Lince Salazar, L. A. y Castro Quintero, A. F. (2015). Erosividad de la lluvia en la región cafetera de Quindío, Colombia. *Cenicafé*, 66(1), 25-31. https://www.cenicafe.org/es/publications/3.Erosividad 25-31.pdf
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D. y Veith, T. L. (2007). Model Evaluation Guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *TransASABE*, 50(3), 885-900. https://doi.org/10.3390/10.13031/2013. 23153https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=23153
- Pérez, J. y Senent, J. (2015). Análisis comparativo de la evaluación de la erosividad de la lluvia en la cuenca del Guadalentín. IV Jornada de Ingeniería del Agua "La precipitación y los procesos erosivos". http://www.ingenieriadelagua.com/2004/JIA/Jia2015/m/m011.pdf
- Renard, K. G. y Freimund, J. R. (1994). Using monthly precipitation data to estimate the R factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*, 157, 287-306. https://www.tucson.ars.ag.gov/unit/publications/PDFfiles/942.pdf
- Renard, K. G., Foster, G. A., Geesies, G. A., Mc Cool, D. K. y Yoder, D. C. (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. USDA Agriculture Handbook. U.S. Government, Department of Agriculture (USDA). https://www.ars.usda.gov/arsuserfiles/64080530/rusle/ah_703.pdf
- Rivera, J. H. y Gómez, A. A. (1991). Erosividad de las lluvias en la zona cafetera central colombiana (Caldas, Quindío y Risaralda). *Cenicafé*, 42(2): 37-52. https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras publicaciones/revista cenicafe/revista cenicafe arc042 02 37-52
- Saldaña, M., Nemmaoui, A., Canton, M., Aguilar, M. y Aguilar, F. (2014). Estimación de la erosión potencial en la cuenca del río Moulouya aguas arriba de la Presa Mohamed V. Mapping, 23(168), 4-16. http://www2.ual.es/cooptrust/wp-content/uploads/2014/06/ Art%C3%ADculo Mapping.pdf
- Wischmeier, W. H. y Smith, D. D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. Agriculture Handbook, No. 537. US Government Printing Office. https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF
- Zhong, X. y Dutta, U. (2015). Engaging Nash-Sutcliffe efficiency and model efficiency factor indicators in selecting and validating effective light rail system operation and maintenance cost models. *Journal of Traffic and Transportation Engineering 3* (2015) 255-265. https://doi.org/10.17265/2328-2142/2015.05.001



Abundancia, riqueza y diversidad de insectos asociados al cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis Sims*) en Matagalpa, Nicaragua

Abundance, richness and diversity of insects associated to passion fruit (*Passiflora edulis Sims*) in Matagalpa, Nicaragua

Freddy Loáisiga Jarquín¹, Edgardo Jiménez-Martínez²

- ¹ Ingeniero agrónomo, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0033-5658 / freddyloaisiga@yahoo.es
- ² PhD. en Entomología, Universidad Nacional Agraria, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1086-7380 / edgardo.jimenez@ci.una.edu.ni Autor de correspondencia: nadir.reyes@ci.una.edu.ni



RESUMEN

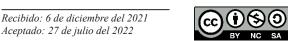
La maracuyá (Passiflora edulis, Sims) es una fruta tropical que pertenece a la familia de las Pasifloráceas, en Nicaragua ésta se siembra principalmente en Matagalpa, Nicaragua; este estudio se realizó con el fin de contribuir al conocimiento científico de insectos asociados a la maracuyá, se estableció entre abril a septiembre del 2016 en la comunidad Molino Sur Sébaco, Matagalpa, el objetivo del estudio fue identificar, calcular la abundancia, riqueza, diversidad y hábito alimenticio de las principales familias de insectos asociadas a la maracuyá. El estudio se desarrolló en cuatro fincas, usando tres trampas de caída libre (pitfall trap) y tres trampas de galones con melaza y el método observacional, las principales familias de insectos encontrados fueron: Formicidae, Noctuidae, Pyralidae, Tachinidae, Ichneumonidae, Lonchaeidae, Pompilidae, Apidae, Tephritidae y Scarabaeidae. Se calculó la abundancia, riqueza y diversidad insectil, esta última se estimó utilizando el índice de Simpson. Se encontró que la mayor abundancia y dominancia de insectos asociados al cultivo de la maracuyá, fue encontrada en la finca El Conflicto, pero no la más diversa en número de especies. En cuanto a la riqueza de insectos se encontraron diez órdenes, cuarenta y ocho familias, sesenta y nueve géneros y 23 especies identificadas, entre los principales hábitos alimenticios de las especies insectiles asociadas al cultivo de maracuyá se encontraron, fitófago, saprófago, nectarívoro, depredador, polinívoro, defoliador y parasitoide.

Palabras clave: índice, dominancia, fluctuación, poblacional.

ABSTRACT

Passion fruit (Passiflora edulis, Sims) is a tropical fruit that belongs to the Passifloraceae family, in Nicaragua it is planted mainly in Matagalpa, this study was carried out in order to contribute to the scientific knowledge of insects associated with passion fruit, it was established between April and September 2016 in the Molino Sur Sébaco community, Matagalpa, the objective of the study was to identify, calculate the abundance, richness, diversity and feeding habit of the main families of insects associated with passion fruit. The study was carried out on four farms, using three pitfall traps and three gallon traps with molasses and the observational method. The main families of insects found were: Formicidae, Noctuidae, Pyralidae, Tachinidae, Ichneumonidae, Lonchaeidae, Pompilidae, Apidae, Tephritidae and Scarabaeidae. Insect abundance, richness and diversity were calculated, the latter was estimated using the Simpson index. It was found that the greatest abundance and dominance of insects associated with the cultivation of passion fruit was found in the El Conflicto farm, but not the most diverse in number of species. Regarding the richness of insects, ten orders, forty-eight families, sixty-nine genera and 23 identified species were found, among the main eating habits of the insect species associated with the cultivation of passion fruit were, phytophagous, saprophagous, nectarivorous, predatory, polynivore, defoliator and parasitoid.

Keywords: Index, dominance, fluctuation, population.



a maracuyá es una fruta tropical de una planta que crece en forma de enredadera y que pertenece a la familia Passifloráceae, de la que se conocen más de 400 variedades. (Gerencia Regional Agraria La Libertad, 2010). Es originaria de Brasil, es cultivada en zonas tropicales en cuatro continentes. Los principales productores a nivel mundial son Brasil, Ecuador, Colombia y Perú con aproximadamente 805 000 toneladas por año (Arias *et al.*, 2014).

La maracuyá es una planta trepadora, vigorosa, leñosa, perenne, con ramas hasta de 20 metros de largo, presenta tallos verdes, acanalados, con zarcillos axilares que se enrollan en forma de espiral, miden aproximadamente 40 centímetros, las hojas miden entre 7 cm y 20 cm de largo, son de color verde lustroso con peciolos glabros acanalados en la parte superior; posee dos nectarios redondos en la base del folíolo, la lámina foliar es palmeada y generalmente con tres lóbulos. Las flores solitarias y axilares, fragantes y vistosas de cinco centímetros de ancho. Están previstas de cinco pétalos y una corona de filamentos radiante de color purpura en la base y blanca en el ápice, posee cinco estambre y tres estigmas. El fruto es una baya globosa u ovoide de color entre rojo intenso a amarillo cuando está maduro, las semillas con arilo carnoso muy aromática, miden de 6 a 7 centímetros de diámetro y entre 6 a 12 centímetros de longitud. El sistema radicular es totalmente ramificado, sin raíz pivotante y superficial, distribuido en un 90 % en los primeros 15 cm a 45 cm de profundidad. Por tal razón, no se deben realizar labores culturales que remuevan el suelo y puedan dañar el sistema radicular y la producción en sí (Gerencia Regional Agraria La Libertad, 2010).

Según Jurado (2016) el género *Passiflora* comprende cerca de 500 especies siendo el componente más grande y relevante dentro de la familia Passifloráceae. Son plantas tipo lianas que trepan mediante zarcillos; poseen gran interés económico y ornamental por la forma y el color de sus flores adicionalmente se ha reportado que estas plantas son usadas en medicina tradicional.

La forma de cultivo se puede denominar tradicional o artesanal. Existen dos variedades o formas de maracuyá que se diferencian principalmente por su color y la forma del fruto. Estos tipos son maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* f. flavicarpa Den) y el maracuyá morado (*Passiflora edulis* variedad purpura Suns) (López-González, 2002). Según Laguna *et al.* (2015) en Nicaragua la (*P. edulis*) se siembra principalmente en el departamento de Matagalpa en los municipios de Matagalpa, Sébaco, San Ramón, Terrabona, San Dionisio, El Tuma- La Dalia y Matiguás, en este territorio las fincas se ubican entre los 450 y 1 100 metros sobre el nivel del mar; en el 2013 se reportaron 310 fincas productoras de maracuyá. Otros departamentos

en donde se produce el cultivo pero en menos escala son: Rivas, Carazo, Masaya y Managua. Entre los insectos plagas que representan un mayor problema en la maracuyá desde el punto de vista fitosanitario están: Mosquita del botón floral (Dasiops inidulis), Mosca de la fruta (Anastrepha sp), Trips (Trips sp), Ácaro rojo (Tatranichus sp), Ácaro blanco (Polyphagotarsonemus sp), Gusano negro (Dione juno), Chinche patas de hojas (Leptoglosus zonatus), Cochinilla o escama cerosa (Ceroplastes cirripediformis), Hormigas cortadoras (Atta sp), etc. (Salinas, 2014; Laguna et al., 2015). En Nicaragua (Jiménez-Martínez, 2021) reporta que los principales insectos plagas de la maracuyá son: Trips (Trips sp.), gusanos defoliadores (Dione juno), chinche patas de hojas (Leptoglosus sonatus), arañitas rojas (Tetranychus sp.), ácaro blanco (Polyphagotarsonemus sp.), abeja negra o capadora (Trigona sp.), áfidos o pulgones (Myzus persicae, Myzus ornato), gallina ciega (Phyllophaga sp.) y cochinilla o escame cerosa (Ceroplastes cirripediformis), Laguna et al. (2015); Montano y Bustamante (2017), reportan a la mosquita del botón floral (Dasiops inedulis), escamas de la familia Coccidae, Ceroplastes cirripediformis y larvas de lepidópteros de la familia Nymphalidae, Dione juno como los principales insectos plagas en el cultivo de la maracuyá.

La Abundancia en ecología es un componente de biodiversidad y se refiere a cuan común o rara es una especie en comparación con otras especies en una comunidad biológica o una ubicación definida. La abundancia relativa puede representarse como el porcentaje de un organismo, donde el 100 % es el número total de organismos en el área (Cortés-Marcial y Briones-Vargas, 2014). La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de describir la biodiversidad ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas (Moreno, 2001). La biodiversidad o diversidad biológica es la variedad de la vida. Este reciente concepto por (Vargas et al., 2015) incluye varios niveles de la organización biológica. Abarca a la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado, a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. También incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes. El cultivo de la Maracuyá en Nicaragua está teniendo un crecimiento acelerado en área cultivada, sin embargo, es afectado por diversas plagas insectiles, trayendo como consecuencias disminución en los rendimientos e incremento en los costos de producción, motivo por el cual se realizó dicha investigación para conocer la abundancia, riqueza y diversidad de insectos asociados al cultivo de la maracuyá en cuatro fincas en Matagalpa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de la zona de estudio. El ensayo se realizó en el período de abril a septiembre de 2016 en cuatro fincas de maracuyá amarillo, ubicadas en el municipio de San Ramón departamento de Matagalpa, la finca La Vega propiedad del Sr. Sergio Cuadra con una parcela de maracuyá de 2.5 hectáreas con edad del cultivo de 10 meses, la finca El Castillo del Horno propiedad del Sr. Yim Pierre Brown con una extensión de dos hectáreas con una edad del cultivo de 11 meses, la finca La Bendición con una extensión de 1.5 hectáreas con una edad del cultivo de ocho meses y la finca El Conflicto con una extensión de dos hectáreas con una edad del cultivo de 14 meses, ambas propiedad del Sr. Enrique Arauz.

El municipio de San Ramón perteneciente al departamento de Matagalpa tiene una extensión territorial de 424 kilómetros cuadrados, lo que representa el 7 % del territorio del departamento. Posee una altura de 640 metros sobre el nivel del mar y una posición geográfica de latitud Norte de 12°55′ y longitud Oeste de 85°50′. La precipitación anual fluctúa entre los 1 600 y 2 000 milímetros. Los suelos son mayoritariamente francos arcillosos y arcillosos, con erosión moderada y mayormente con cobertura agropecuaria [Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2016)].

Diseño experimental. El estudio consistió en la comparación de cuatro fincas productoras de maracuyá arregladas en un diseño no experimental, cuantitativo-descriptivo, las fincas estaban ubicadas en el municipio de San Ramón. En cada finca se colocaron seis trampas para captura de insectos, tres trampas del tipo Pitfall-traps (trampas de caída libre) y tres trampas del tipo galones de plástico con agua y melaza, además se realizó un método observacional que consistió en el conteo de plagas de las partes aéreas de las plantas (hojas, tallo, flores y frutos).

Muestreo, colección, identificación y descripción de los principales insectos asociados al cultivo de la maracuyá. El muestreo y colecta de insectos se realizó cada ocho días, en cuatro fincas del departamento de Matagalpa, el muestreo se realizó utilizando tres métodos. El primer método consistió en la captura de insectos rastreros con trampas de caída libre (Pitfall-traps), el segundo método en la captura de insectos voladores utilizando trampas de galones y el tercer método consistió en el conteo de insectos visualizados. Para evaluar la fluctuación poblacional de insectos, en cada finca de referencia se seleccionaron tres sitios específicos de muestreo a los cuales se les asignó una identificación mediante la colocación de un código.

Colecta de insectos rastreros. Para la captura y colecta de insectos rastreros se utilizaron trampas de caída libre (Pitfall-traps), la cual consistió en colocar una pana plástica con capacidad de cuatro litros de agua, de color celeste de 30 cm de diámetro y 15 cm de profundidad, se ubicó al ras del suelo; a estas se le agregó una solución de agua más una onza de detergente del tipo Xedex®, la frecuencia de muestreo fue de ocho días y a cada trampa se le cambió la solución del agua y el detergente en la misma frecuencia (Rugama y López, 2011). El total de trampas colocadas en las cuatro fincas fueron 12 de caída libre (Pitfall-traps).

Colecta de insectos voladores. Para la captura y colecta de insectos voladores se utilizaron trampas de galones plásticos de color amarillo con capacidad de cuatro litros de agua, los galones estaban cortados por uno de sus costados y sujetados con mecate en los tutores y ubicados horizontalmente a una altura aproximada de 1.5 metros. Se les agregó una solución de agua, 10 ml de melaza, jugo de tres frutos de maracuyá maduros como atrayente, una onza de detergente y un gramo de bórax® (ácido bórico). El total de trampas aéreas en las cuatro fincas fue 12 galones.

Tipo y número de insectos en hojas y tallos por observación.

Se observó el tipo y número de insectos que se encontraban en las plantas de maracuyá para determinar su presencia en hojas y tallos. Se determinó un radio de dos metros alrededor de cada tutor en cada sitio de muestreo, se sujetaron cintas de color para delimitar el área. Se utilizó un formato de registro de la cantidad y el tipo de insectos encontrados en cada sitio de muestreo.

Manejo de insectos colectados en el campo. Una vez recolectados los insectos en el campo, se colocaron en viales entomológicos con alcohol etílico al 75 % y fueron llevados al laboratorio de entomología de la Universidad Nacional Agraria (UNA), en Managua, Nicaragua, para ser observados con ayuda de un estereoscopio y de esta manera poder observar claramente las características morfológicas de las familias de insectos y además realizar comparación de especímenes con los del museo entomológico de la UNA, apoyado de consultas bibliográficas y consulta con expertos en el área de entomología.

Montaje e identificación de insectos a nivel de laboratorio.

El montaje e identificación de los insectos se realizó en el museo entomológico de la Universidad Nacional Agraria. Las muestras de insectos conservadas en alcohol al 75 % fueron trasladadas al museo, se extrajeron los insectos de los viales entomológicos y se colocaron en platos Petri para ser lavados con alcohol al 75 %, posteriormente cada muestra de insectos se colocó en papel toalla, dejándolos secar a

temperatura ambiente durante 30 minutos, posteriormente se contaron y se anotó en la hoja de registro. Se realizó el montaje de insectos utilizando alfileres entomológicos SPHINX # 4, láminas de poroplás, gradillas entomológicas y pinzas. Los insectos se observaron en el estereoscopio (CARL ZEISS, modelo 475002 y 475002-9902 de 4x, 6.3x y 2.5x) y para su identificación se utilizaron las claves dicotómicas y mediante la comparación con otros insectos clasificados según consultas bibliográficas en textos básicos (Sáenz & De La Llana, 1990); (Nunes & Dávila, 2004); (Marshall, 2008); (Cibrían-Tovar, 2017), (Jiménez-Martínez, 2009), (Jiménez-Martínez y Rodríguez, 2014), (Jiménez-Martínez, 2020), (Jiménez-Martínez, 2021), (Andrews & Caballero, 1989), (Maes, 1998); se logró así la identificación final hasta nivel de familia y en algunos casos hasta el nivel de morfo género y morfo especie.

Variables evaluadas

Abundancia total de insectos. Esta variable se comenzó a registrar desde el 4 de abril, con frecuencia semanal hasta el 28 de septiembre, se realizó conteo de todos los insectos colectados en las trampas Pitfall-traps, galones y el método observacional.

Riqueza total de familias de insectos. Se hizo un conteo total de insectos por familias encontradas en todas las fechas de colecta en las fincas La Vega, El Castillo del Horno, La Bendición y El Conflicto, para determinar cuál era la finca con mayor riqueza de familias.

Índice de diversidad de Simpson. Es el número de individuos de especies capturadas por hábitat, utilizando el índice de Simpson con criterios de heterogeneidad, se cuantifica la probabilidad de que los individuos seleccionados aleatoriamente en una comunidad infinita pertenezcan a la misma especie. La probabilidad que tiene dos individuos de una misma especie en ser elegidos al azar será pi x pi o pi2. La probabilidad promedio de que ocurra será igual a la suma de las probabilidades individuales de cada especie según al hábitat perteneciente (Simpson, 1949).

Análisis de los datos. Después de colectados los insectos, la información fue arreglada en una tabla de datos en Excel por finca, por fecha y por familias de insectos, no se realizó análisis estadístico para comparar entre fincas, ya que el arreglo del ensayo no permite comparación entre fincas, cada finca tenía condiciones diferentes. Se realizó un análisis descriptivo entre fincas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Principales órdenes, familias, géneros, especies y hábito alimenticio de insectos asociados al cultivo de la maracuyá. En el Cuadro 1 se presentan los 10 órdenes

de insectos registrados en las fincas de estudio, entre ellos tenemos, Coleóptera, Lepidóptera, Hemíptera, Hymenóptera, Díptera, Orthóptera, Neuróptera, Blattodea, Dermáptera y Odonata. El número total de familias de insectos encontrados fue de 48, los géneros fueron un total de 69, y el número total de especies identificadas fueron 23, en este mismo Cuadro, se presentan los diferentes tipos de hábitos alimenticios de los insectos, los hábitos más comunes fueron, fitófago, saprófago, nectarívoro, depredador, polinívoro, defoliador y parasitoide.

La alta presencia de insectos en estas parcelas de maracuyá probablemente se debió a la abundancia de vegetación (malezas de hoja ancha, hoja fina y otros cultivos) que predominó durante el periodo de muestreo. La zona geográfica donde se encontraba ubicada las parcelas de investigación es considerada un área bien diversa, ya que además de maracuyá se encuentran cerca otros frutales como mango y aguacate, así como árboles maderables. En un estudio de Montano y Bustamante (2017), sobre distribución temporal de insectos en maracuyá, encontró una mayor abundancia de insectos en trampas de caída libre versus trampas del tipo de galón con melaza. Por otro lado, Mairena, (2015), encontró mayor número de insectos de la familia Formicidae y Scarabaeidae en trampas Pitfall trap que en trampas de galones con melaza y observación visual. Lacayo y Mayorga, 2014, reportan que los principales órdenes de insectos encontrados asociados al cultivo del marango fueron Orthóptera, Dermaptera, Hemíptera, Coleóptera, Diptera, Lepidóptera, Hymenóptera, Blattodea, Isoptera, Magaloptera, Neuroptera y Odonata estos fueron encontrados en trampeos utilizando Pit-fall traps.

Abundancia total de insectos. La abundancia total de insectos encontrados durante el periodo de estudio en las fincas La Vega, El Castillo del Horno, La Bendición y El Conflicto fue de 16 307 insectos. Siendo la finca El Conflicto la que presentó el mayor número de insectos durante el período de muestreo (abril-septiembre, 2016) con 4 293 en total, seguido de la finca El Castillo del Horno con 4 056 insectos, la finca La Bendición con 4 050 y en la finca La Vega fue la que registro menor número de insectos con 3 908 en total durante los seis meses de muestreo (Figura 1).

En un estudio realizado por Montano y Bustamante (2017) en Entomofauna, diversidad y fluctuación poblacional de insectos plagas y benéficos asociados al cultivo de la maracuyá (Passiflora edulis Sims), en Sébaco, Matagalpa, se encontró una abundancia total de 8 413 insectos. Siendo la finca Las Vegas la que presentó mayor número con 4 365 insectos en total, mientras que en la finca Linda Vista se encontraron 4 084 insectos en total.

Mairena (2015) registró una abundancia total de 10 657 especímenes en seis fincas evaluadas, siendo la finca San Felipe la que presentó mayor número de insectos con 2 184,

Cuadro 1. Principales órdenes, familias, géneros, especies y hábito alimenticio de insectos asociados al cultivo del maracuyá en Matagalpa, abril a septiembre del 2016

alpa, abril a septiemb	re del 2016			
Orden	Familia	Género	Especie	Hábito Alimenticio
Coleóptera	Scarabaeidae	Euphoria	sp.	Saprófago
	Scarabaeidae	Phyllophaga	sp.	Saprófago
	Scarabaeidae	Lygirus	sp.	Saprofago
	Coccinellidae	Cycloneda	sanguínea	Depredador
	Coccinellidae	Hippodsmis	convergens	Depredador
	Carabidae	Collidae	sp.	Saprofago
	Tenebrionidae	Zoperus	sp.	Saprofago
	Tenebrionidae	Noserus	sp.	Saprofago
	Tenebrionidae	Celenophorus	sp.	Saprofago
	Nitidulidae	Carpophilus	sp.	Fitofago
	Elateridae Elateridae	Aeolus	sp.	Saprófago
	Cerambycidae	Chalcholepidiuos Trachideres	sp.	Saprofago Polinivoro
	Cerambycidae	Lagocheirus	sp.	Politivoro
	Chrysomelidae	Diabrotica	sp. sp.	Fitófago
	Curculionidae	Hypotenemus	hampei	Polinivoro
Lepidóptera	Noctuidae	Spodoptera	sunia	Nectarívoro
	Noctuidae	Helicoverpa	zea	Fitófago
	Pyralidae	Rupela	albinella	Nectarívoro
	Nymphalidae	Dione	juno	Fitófago
	Pieridae	Phoebis	sp.	Nectarívoro
Hemíptera	Acandonidae Coreidae	Acanola Leptoglosus	sp.	Fitofago
	Coreidae	Leptogiosus Hypselonotus	zonatus sp.	Fitófago Fitófago
	Membracidae	Spissistilus	sp. festinus	Fitófago
	Membracidae	Umbonia	crassicornis	Fitófago
	Sducoccidae	Saisetia (escama)	sp.	Fitófago
	Cicadidae	Diceroprocta	sp.	Fitófago
	Cicadellidae	Oncometopia	sp.	Fitófago
	Gelastocoridae	Gelastocoris	sp.	Fitofago
	Pentatomidae	Proxis	punctualatus	Fitofago
	Reduviidae	Apiomeris	sp.	Depredador
Hymenóptera	Apidae	Trigona	sp.	Nectarívoro
	Apidae	Apis	mellifera	Nectarivoro
	Apidae	Euplusia	sp.	Nectarivoro
	Formicidae	Selenopsis	sp.	Depredador
	Formicidae	Atta	sp.	Fitofago
	Formicidae	Camponotus	sp.	Fitofago
	Vespidae	Polybia Polistes	sp.	Depredador Depredador
	Vespidae Ichneumonidae	Diadegma	gallicus	Parasitoide
	Ichneumonidae	Pimpla	sp. hypochondriaca	Parasitoide
	Anthoporidae	Xylocopa		Nectarívoro
	Halictidae	Halictus	sp. sp.	Nectarivoro
	Halictidae	Lasioglossum	sp.	Nectarivoro
	Braconidae	Lysiphlebus	testaceipes	Parasitoide
	Pompilidae	Pepsis	sp.	Depredador
	Sphecidae	Sceliphron	sp.	Depredador
Díptera	Tachinidae	Lespesia	archivora	Parasitoide
	Tachinidae	Wolphetie	sp.	Nectarívoro
	Sarcophagidae	Sarcophaga	sp.	Parasito
	Dolichopodidae	Condylostilus	sp.	Nectarivoro
	Lonchaeidae	Dasiops	inedulis	Fitófago
	Otitidae	Euxesta	sp.	Fitofago
	Otitidae	Chaetopsis	sp.	Fitofago
	Calliphoridae Muscidae	Cochliomia Musca	sp. domestica	Parasito Saprófago
	Agromyzidae	Agromyza	sp.	Fitofago
	Asilidae	Efferia	sp. sp.	Depredador
	Asilidae	Diogmites	sp.	Depredador
	Tephritidae	Anastrepha	sp.	Fitofago
	Tephritidae	Ceratitis	capitata	Fitofago
Orthoptera	Gryllidae	Acheta	asimilis	Fitofago
	Acrididae	Melanoplus	sp.	Fitofago
	Tettigonidae	Conocephalus	sp.	Fitofago
	Tettigonidae	Conocephalus	saltator	Fitofago
Marrántana	Tettigonidae		cra	Defoliador Depredador
Neuróptera Blattodea	Chrysopidae Blattellidae	Chrysoperla Blattella	sp.	Depredador Polinivoro
Біаноцеа	Blattidae	Biailella Periplaneta	sp. americana	Polinivoro
Dermáptera	Forficulidae	Dorus	linearis	Depredador
Odonata	Coenagrionidae	Coenagrion	sp.	Depredador
- Januar				

finca La Francia con 2 085, finca Los Caleros con 1 728, finca Los Ríos con 1 700, finca El Edén con 1 499 y finca La Perla con 1 461 insectos, utilizando trampas de caída libre y trampas de galón con melaza.

Rugama y López (2011), encontraron una abundancia total de 16 064 insectos en dos parcelas de estudio, siendo la parcela convencional la que presentó mayor número de insectos con 9 533 y la parcela orgánica presentó 6 541 insectos, utilizando trampas de galones y de caída libre.

Es necesario destacar que estas diferencias en número total de insectos, probablemente se deben a los siguientes factores, la finca El Conflicto es una finca con varios ciclos de cultivo, y la plantación en estudio tenía 14 meses de edad en comparación con las demás fincas que tenían 10,11 y 8 meses. Además es una finca muy diversa en cultivos existiendo cultivos de mango, limón, naranja, café, musáceas, granadilla, zapote, chayote, papaya, etc.

Según (Southwood y Way, 1970) la importancia de la diversidad en los agroecosistemas, radica en que a medida que se incrementa la diversidad vegetal más diverso es el agroecosistema, los nexos tróficos aumentan desarrollándose sinergismos que promueven la estabilidad poblacional insectil.

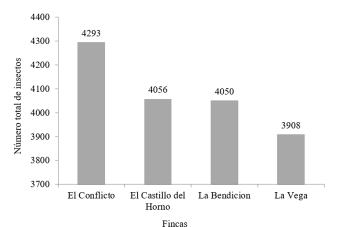


Figura 1. Abundancia total de insectos por finca.

Riqueza total de familias de insectos. En la Figura 2 se observa la riqueza total de familias. En las fincas El Castillo del Horno y La Bendición se registró la mayor riqueza con 48 familias en cada finca, seguido de la finca El Conflicto con y la finca La Vega.

Montano y Bustamante (2017), realizaron un estudio para conocer la diversidad y fluctuación poblacional de insectos plagas y benéficos asociados al cultivo de la maracuyá (Passiflora edulis Sims), en fincas en el municipio de Sébaco, departamento de Matagalpa, ellos reportaron que la riqueza total de familias de insectos encontrados fue de 67 familias de insectos, siendo la finca Las Vegas la que presentó mayor riqueza con 34, comparada con la finca Linda Vista con 33 familias.

Antúnez (2018) reportó una riqueza de 50 familias de insectos, Herrera (2021), registró una riqueza insectil de 60 familias utilizando trampeo de insectos de suelos e insectos voladores. Téllez y Jirón (2014), reportaron una abundancia total de 6 000 insectos colectados en trampas del tipo Pitfalltrap y galones de plástico con melaza.

Al comparar los resultados obtenidos con el estudio realizado en Sébaco, se puede concluir que la Finca La Vega, El Castillo del Horno, La Bendición y El Conflicto son fincas con mayor riqueza de familias de insectos.

Las plantas de maracuyá inician su periodo de floración desde los 5 a 6 meses después del trasplante, se pueden obtener hasta tres ciclos de floración por año y se puede considerar la floración como un factor determinante en el resultado obtenido en cuanto al número de familias de insectos en las cuatro fincas.

En los sistemas agrícolas la simplificación de la diversidad de plantas restringe los sitios de oviposición y las fuentes alternativas de alimento para numerosos organismos que desempeñan importantes funciones. De manera que el aumento de la diversidad florística podría favorecer el incremento de los niveles tróficos superiores, al proveer de recursos florales a especies que se manifiestan como parasitoides, depredadores y polinizadores. Asimismo, diversas experiencias muestran que las plantas con una alta disponibilidad de flores atraen a los biorreguladores de las plagas agrícolas (Taborda, 2015).

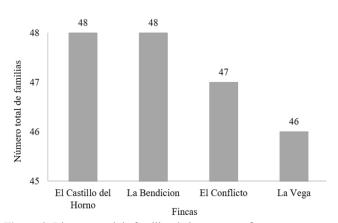


Figura 2. Riqueza total de familias de insectos por finca.

Indice de diversidad de Simpson de las principales familias de insectos. Se comparó el índice de diversidad de Simpson en las fincas La Vega, El Castillo del Horno, La Bendición y El Conflicto (Cuadro 2), se puede observar que en la finca el Conflicto hay más dominancia en especies por familias de insectos (0.08), en comparación con las otras fincas, la finca el Conflicto tiene un índice de diversidad numérico menor con respecto (0.91) a las otras tres fincas, el índice de diversidad

(1-D), es inversamente proporcional a la Dominancia (D), por lo que las fincas La Vega, El Castillo del Horno y La Bendición son menos diversas en número de especies por familias, pero más dominantes. Entre las familias de insectos más dominantes en la finca el Conflicto en comparación con las fincas La Vega, El Castillo del Horno y La Bendición están: Formicidae, Noctuidae, Lonchaeidae, Apidae, estas son bien diversas y abundantes debido a que Formicidae son hormigas acarreadoras, Apidae son abejas abundantes en época de floración, Noctuidae son plagas de hojas y frutas y Lonchaeidae son moscas plagas del botón floral.

Cuadro 2. Índice de diversidad Simpson

Finca	Dominancia (D)	Índice de	
		diversidad (1-D)	
La Vega	0.05	0.94	
El Castillo del Horno	0.05	0.94	
La Bendición	0.05	0.94	
El Conflicto	0.08	0.91	

CONCLUSIONES

Se identificaron un total de 10 órdenes, 48 familias y 69 géneros de insectos asociados a maracuyá, con 10 tipos de hábitos alimenticios destacándose fitófago, saprófago, nectarívoro, depredador, polinívoro, saproxílico y parasitoide.

La mayor abundancia y dominancia de insectos asociados al cultivo de la maracuyá fue encontrada en la finca El Conflicto siendo las familias de insectos más dominantes Formicidae, Noctuidae, Pyralidae, Tachinidae, Ichneumonidae, Lonchaeidae, Pompilidae, Apidae, Tephritidae y Scarabaeidae.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrews, K. L. y Caballero, R. (1989). Guía para el estudio de órdenes y familias de insectos de Centroamérica (4ª ed). Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano.

Arias Suárez, J. C., Ocampo Pérez, J. A. y Urrea Gómez, R. (2014). La polinización natural en el maracuyá (Passiflora edulis f. flavicarpa Degener) como un servicio reproductivo y ecosistémico. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 73-83.

Antúnez M, Y. S. (2018). *Identificación, diversificación y distribución temporal de insectos asociados al cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en Catacamas, Honduras, 2016* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3744

Cibrían-Tovar, D. (2017). Fundamentos de entomología forestal. Universidad Autónoma Chapingo.

Cortés-Marcial, M. y Briones-Salas, M. (2014). Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 1433-1448. https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v62n4/a14v62n4.pdf

Gerencia Regional Agraria La Libertad. (2010). El cultivo de la maracuyá Passiflora edulis Form. Flavicarpa.

Herrera R., N. A. (2021). *Identificación, diversidad y fluctuación temporal de insectos asociados al cultivo de aguacate (Persea americana (Mill), Carazo 2019* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4429

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2016). Datos del municipio de Sébaco.

Jiménez-Martínez, E. S. (2009). Entomología. Universidad Nacional Agraria. https://repositorio.una.edu.ni/2458/

Jiménez-Martínez, E. S. y Rodríguez, F. O. (2014). *Insectos plagas de cultivos en Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria. https://repositorio.una.edu.ni/2700/1/NH10J61ip.pdf

Jiménez-Martínez, E. (2020). Familia de insectos de Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. https://repositorio.una.edu.ni/4172/ Jiménez-Martínez, E. (2021). Plagas de cultivos (2 ª ed). Universidad Nacional Agraria. https://repositorio.una.edu.ni/4459/

Jurado Mejía, A. G. (2016). Investigación, Ciencia, Innovación y Competitividad. "Una Estrategia de Desarrollo Agroindustrial Sostenible en Territorio de Paz". Universidad de la Amazonia.

Lacayo Rodríguez, R. T. y Mayorga Mendoza, J. R. (2014). Abundancia, riqueza y diversidad insectil asociada al cultivo de Marango (Moringa oleífera L) [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. https://repositorio.una.edu.ni/3156/

Laguna González, T. J., Flores Téllez, E. R., Pérez Siles, A. R., Martínez Matamoros, M. A., Escoto Mayorga, S. E. y Castillo Urbina, J. A. (2015). *Guía técnica del cultivo de maracuyá*.

López-González, J. M. (2002). Cultivo del Maracuyá. Universidad Nacional Agraria.

Maes, J. (1998). Catálogo de los insectos y artrópodos terrestres de Nicaragua. GTZ.

Mairena Vásquez, C. L. (2015). *Identificación y fluctuación poblacional de insectos asociados al cultivo de la piña (Ananas comosus L. Merril) en Ticuantepe, Nicaragua* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. https://repositorio.una.edu.ni/3363/

- Marshall, S. (2008). 500 Insects a visual reference. Firefly Books.
- Montano Núñez, R. G. y Bustamante Maradiaga, E. J. (2017). *Taxonomía diversidad y distribución temporal de insectos asociados al cultivo de la maracuyá (Passiflora edulis Sims), en dos fincas de Sébaco, Matagalpa, 2016* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. https://repositorio.una.edu.ni/3456/
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. CYTED.
- Nunes Zuffo, C. y Dávila Arce, M. L. (2004). Taxonomía de las principales familias y subfamilias de insectos de interés agrícola en Nicaragua. UCATSE.
- Rugama Lovo, I. M. y López Vílchez, M. E. (2011). Identificación y descripción de los principales insectos rastreros asociados al cultivo de marañón (Anacardium occidentalis L) orgánico y convencional, en León, Nicaragua [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. https://repositorio.una.edu.ni/2142/
- Sáenz, M. y De La Llana, A. (1990). Entomología sistemática. Universidad Nacional Agraria.
- Salinas Abadía, H. (2014). Guía Técnica del Cultivo de "Maracuyá Amarillo". Instituto de Educación Técnica Profesional de Roldanillo Valle.
- Simpson, E. H. (1949). Measurment of Diversity. Nature, 163, 688. https://doi.org/10.1038/163688a0
- Southwood, T. & Way, M. (1970). Ecological background to pest management. En R. L. Rabb & F. E. Guthrie. (Eds). Concepts of Pest Management (pp. 6-29). North Carolina State University.
- Taborda, N. (2015). Fruto de la pasión, Maracuyá. Instituto Superior Particular Incorporado.
- Téllez, M. y Jirón, V. M. (2014). *Identificación y variación poblacional de insectos asociados al cultivo de marango (Moringa oleifera L.) en Managua, Nicaragua durante los meses de noviembre 2012 a abril 2013* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. https://repositorio.una.edu.ni/2756/
- Vargas Batis, B., Gretel Blanco, Y., Fajardo Rosabal, L., Puertas Aria, A. y Rizó Mustelier, M. (2015). Diversidad de insectos asociada a Lantana Camara L. (Rompe Camisa) en localidades agrícolas de Santiago, Cuba. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación Y Saberes, 4*(1), 17-28. http://revistasdigitales.utelvt.edu.ec/revista/index.php/investigacion_y_saberes/article/view/78

Fitopatógenos fúngicos asociados a semillas de moringa en el estado Monagas, Venezuela

Fungal phytopathogens associated with moringa seeds in Monagas state, Venezuela

Guillermo Sabu Romero-Marcano¹, Ramón Silva-Acuña² y María Claudia Sánchez-Cuevas³

- ¹ MSc. Producción Vegetal, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7324-4354/ guillermo.ro80@gmail.com
- ² PhD Fitopatología, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1235-9283 / drramonsilvaa@gmail.com
- ³ PhD Fitopatología, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0911-9430 / sanchezcuevasmc@gmail.com Universidad de Oriente, Venezuela / Autor para correspondencia: guillermo.ro80@gmail.com



RESUMEN

Con el objetivo de identificar hongos asociados a semillas de moringa en el estado Monagas, Venezuela, se condujo esta investigación con material obtenido de cuatro localidades, Caicara de Maturín, municipio Cedeño y bancos de semilla de los sectores Las Avenidas, Brisas del Aeropuerto y Terrenos de Guarapiche, del municipio Maturín. Por procedencia, las semillas fueron caracterizadas en aspectos físicos e intrínsecos y seleccionadas aleatoriamente para diagnóstico 250 unidades; 125 sembradas directamente en cámaras húmedas, sin desinfección, en cápsulas de Petri con papel absorbente, humedecido con agua destilada estéril y 125 desinfectadas en solución al 10 % v/v de hipoclorito de sodio 3.5 % durante dos minutos, ambos grupos de semillas, incubadas en cámaras bajo condiciones de laboratorio. Se empleó el diseño en bloques al azar con arreglo factorial 4 x 2, con cinco repeticiones y cinco cápsulas por unidad experimental. Se cuantificó la frecuencia de aparición de cada colonia fúngica y el porcentaje de germinación de las semillas, a los 5, 10 y 15 días luego de la siembra. Los resultados fueron analizados e interpretados por estadística no paramétrica. Se detectó Aspergillus sp., Rhizopus sp., Fusarium sp., Penicillium sp., Monilia sp. y Trichoderma sp., siendo Aspergillus sp., el aislamiento fúngico más frecuente. Semillas recién cosechadas presentaron con más frecuencia Fusarium; mientras que en semillas almacenadas se observó los géneros Aspergillus, Rhizopus y Penicillium. Aspergillus y Rhizopus causaron niveles de infestación del 100 % en semillas sin ningún poder germinativo. Trichoderma sp., solo se detectó en el tratamiento sin desinfección de las semillas, con bajo porcentaje de detección.

Palabras clave: árbol de ben, Blotter test, detección, hongos asociados.

ABSTRACT

With the objective of identifying fungi associated with moringa seeds in the state of Monagas, this research was conducted with material obtained from four localities, Caicara de Maturín, Cedeño municipality and seed banks from the Las Avenidas, Brisas del Aeropuerto and Terrenos de Guarapiche, in the Maturín municipality. By origin, the seeds were characterized in physical and intrinsic aspects and 250 units were randomly selected for diagnosis; 125 sown directly in humid chambers, without disinfection, in Petri dishes with absorbent paper, moistened with sterile distilled water and 125 disinfected in a 10 % v/v solution of sodium hypochlorite 3.5 % for 2 minutes, both groups of seeds, incubated in chambers under laboratory conditions. A randomized block design with a 4 x 2 factorial arrangement was used, with five repetitions and five capsules per experimental unit. The frequency of appearance of each fungal colony and the percentage of seed germination at 5, 10 and 15 days after sowing were quantified. The results were analyzed and interpreted by non-parametric statistics. Aspergillus sp. was detected Rhizopus sp., Fusarium sp., Penicillium sp., Monilia sp. and Trichoderma sp., being Aspergillus sp., the most frequent fungal isolate. Recently harvested seeds presented more frequently Fusarium; while in stored seeds the genera Aspergillus, Rhizopus and Penicillium were observed. Aspergillus and Rhizopus caused 100 % infestation levels in seeds without any germination power. Trichoderma sp., was only detected in the treatment without seed disinfection, with a low percentage of detection.

Key words: Ben tree, blotter test, detection, associated fungi.

Recibido: 24 de junio 2022 Aceptado: 20 de octubre del 2022



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 edgardo.jimenez@ci.una.edu.ni

os hongos son microorganismos productores de esporas, generalmente microscópicos, eucarióticos, ramificados y a menudo filamentoso, carecen de clorofila y tienen paredes celulares que contienen quitina, celulosa, o ambos componentes. La mayoría de las 100 000 especies de hongos conocidas son estrictamente saprófitas y viven sobre materia orgánica en descomposición. Alrededor de 50 especies de hongos producen enfermedades en el hombre y casi el mismo número ocasiona enfermedades en los animales, la mayoría de las cuales son enfermedades superficiales de la piel o de sus apéndices. Se considera que más de 8 000 especies de hongos producen enfermedades en las plantas (Agrios, 2005).

Todas las plantas son atacadas por algún tipo de hongo que perjudican a uno o más tipos de plantas. Algunos hongos crecen y se reproducen sólo cuando establecen una cierta asociación con las plantas que les sirven de hospedante durante todo su ciclo de vida, estos hongos se conocen como parásitos obligados o biótrofos. Otros requieren de una planta hospedante durante cierta etapa de su ciclo de vida, y pueden concluir desarrollándose en materia orgánica descompuesta o bien pueden crecer y reproducirse tanto en materia orgánica como en plantas vivas, siendo éstos conocidos como parásitos no obligados (Urbina, 2019).

Los efectos que producen los hongos en las plantas pueden ser de tipo local, cuando afectan una porción pequeña del tejido, o general si causan daño completo a toda la planta, lo que depende del tipo de planta que parasiten; sin embargo, en una misma planta pueden producir primero un efecto local y luego uno generalizado. El daño producido por los hongos es principalmente la muerte del tejido —necrosis—que infectan. También pueden producir atrofia completa de la planta o de algunas de sus partes y en otros casos pueden causar crecimiento excesivo —hipertrofia—. Además, los hongos que afectan la raíz, o bien el sistema vascular de la planta, tienden a producir clorosis en la planta y marchitez (García, 2004).

Según el International Seed Testing Association (ISTA, 2003), los daños más comunes provocados por hongos en las semillas son: aborto, reducción del tamaño, podredumbres, esclerotización, necrosis, decoloración, reducción de la viabilidad y pérdida de germinación. Una amplia gama de hongos han sido caracterizados como causantes del deterioro patológico de una variedad de productos agrícolas, siendo los más comunes especies de Alternaria, Botrytis, Diplodia, Monilinia, Penicillium, Colletotrichum, Phomopsis, Fusarium, Rhizopus y Mucor [Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA, 2007)]; muchos de ellos, son capaces de producir micotoxinas, son contaminantes de granos y semillas, con incidencia a nivel de campo y/o almacenamiento (Castaño-Zapata, 1994).

En la actualidad, se está comercializando semilla local de moringa, sin conocer el estado fitosanitario de la misma. Esta comercialización obedece a la expansión de las plantaciones de esta especie forrajera, por su atributo de alto valor proteico, en la alimentación animal, muy conveniente para los hatos ganaderos. Poca es la información bibliográfica sobre los patógenos asociados a las semillas de moringa, particularmente en las localidades donde es sembrada en el estado Monagas. En el Himalaya, Mahesha et al. (2019) reportaron en semillas de moringa, la presencia de 16 especies de hongos: Acremonium sp., Alternaria alternata, Alternaria solani, Alternaria tenuissima, Aspergillus flavus, Cercosporidium sp., Cladosporium cladosporioides, Cordanapauc iseptata, Fusarium roseum, Ochroconis sp., Physarum sp., Spegazzinia sp., Stachybotrys chartarum, Tetraploa aristate, Trichoderma harzianum y Verticillium sp.; en América, específicamente en Cuba, Martínez-De la Parte et al. (2013) detectaron 46 especies de 26 géneros fúngicos asociados a lotes importados de semillas de moringa, entre los que destacan Fusarium, Aspergillus y Chaetomium; de modo análogo, en México, Gómez-Martínez et al. (2020), identificaron al género Fusarium en muestras de semillas y testas de semillas, de dos variedades de moringa.

Varias son las experiencias de aislamiento e identificación de hongos fitopatógenos en semillas, realizadas en especies vegetales de importancia agrícola. En gramíneas, como el arroz (Oryza sativa) (Neninger et al., 2003) o especies de pastos — Brachiaria, Panicum y Chloris — (Pazos et al., 2011), los géneros de hongos fitopatógenos con mayor frecuencia de detección en semillas fueron: Drechslera, Colletotrichum, Fusarium y Curvularia; mientras que, en semillas de leguminosas, los hongos fitopatógenos de mayor frecuencia fueron: Aspergillus flavus, Aspergillus niger, Alternaria alternata, Fusarium moniliforme, Rhizopus nigricans y Trichoderma viridae, presentes en todas las muestras evaluadas (Ghangaokar y Kshirsagar, 2013). Por lo antes expuesto y en consideración a la calidad fitosanitaria de las semillas actualmente empleadas en la instalación de lotes de moringa, el objetivo de esta investigación fue de identificar hongos asociados a semillas de moringa procedentes de los municipios Cedeño y Maturín del estado Monagas, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área del experimento. El ensayo experimental se condujo en las instalaciones de la Clínica Universitaria de Diagnóstico Agrícola —CUDA— perteneciente al Departamento de Ingeniería Agronómica de la Escuela de Ciencias del Agro y del Ambiente. La Clínica, está ubicada en el *Campus* Juanico de la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Venezuela, entre las coordenadas de 9°45' LN y 63°11' de LW, con altura de 65 metros sobre el nivel del mar (Climate-Data. org, 2020). De los 13 municipios del estado Monagas, solo

se colectaron muestras de semillas en Cedeño y Maturín, por ser los municipios pioneros en el cultivo de moringa a escala comercial, debido a las condiciones edafoclimáticas favorables y la vocación agrícola-ganadera.

Identificación de hongos asociados a semillas de moringa. El material para la detección de hongos se obtuvo de cuatro localidades del estado Monagas —denominadas procedencias—. Las semillas fueron previamente caracterizadas en aspectos físicos e intrínsecos, descritos en el Cuadro 1.

Papeles Venezolanos C.A. (PAVECA)] estéril, humedecido con agua destilada estéril. Las otras 125 semillas fueron tratadas —semilla desinfectada (SD)— en solución al 10 % v/v de hipoclorito de sodio 3.5 % —Nevex®— durante dos minutos y posteriormente enjuagadas por tres veces en agua destilada estéril, en lapsos de minuto y medio. Al finalizar el periodo de retirado de los residuos del hipoclorito, las semillas fueron colocadas para secar sobre papel absorbente estéril y seguidamente sembradas en cámaras húmedas constituidas por capsulas de Petri acondicionadas con papel absorbente

Cuadro 1. Procedencias, ubicación del material genético y características de las semillas de moringa, empleadas para la detección de hongos

Procedencias	Ubicación	Características de las semillas
Caicara de Maturín	Banco de semilla artesanal ubicado en el sector "La Tomatera", parroquia Capital Cedeño, municipio Cedeño	Semilla pequeña (10.06 mm de diámetro ± 0.65 mm de diámetro), color marrón claro, alas blanquecinas. Humedad: 9.39 % ± 0.14 %; peso de 100 semillas: 27.56 g ± 1.33 g; número de semillas.100 g-1: 363.42 ± 18.09; germinación estándar: 56.8 % e índice de velocidad de germinación: 2.13. Cosechada en mayo de 2021
Maturín	Banco de semilla artesanal ubicado en el Sector "Las Avenidas", Ciudad de Maturín, parroquia San Simón	Semilla grande (13.24 mm de diámetro ± 1.14 mm de diámetro), color marrón oscuro, alas blanquecinas. Humedad: 10.64 % ± 0.13 %; peso de 100 semillas: 34.95 g ± 1.17 g; número de semillas.100-1 g: 286.31 ± 9.73; germinación estándar: 52.8 % e índice de velocidad de germinación: 2.59. Cosechada en febrero de 2021
Maturín	Banco de semilla artesanal de la Empresa Químicos naturales (Quiminat) ubicada en el sector "Brisas del Aeropuerto", parroquia Las Cocuizas, municipio Maturín	Semilla mediana (12.14 mm de diámetro ± 1.28 mm de diámetro), color marrón oscuro, alas blanquecinas. Humedad: 11.39 % ± 0.25 %; peso de 100 semillas: 32.56 g ± 2.69 g; número de semillas.100 g-1: 308.49 ± 25.73; germinación estándar: 20 % e índice de velocidad de germinación: 0.67. Cosechada en noviembre de 2020
Maturín	Banco de semilla artesanal ubicado en el sector "Los terrenos de Guarapiche", parroquia Alto de los Godos, municipio Maturín	Semilla mediana (12.48 mm de diámetro ± 0.63 mm de diámetro), color marrón oscuro, alas blanco opaco. Humedad: 12.44 % ± 0.16 %; peso de 100 semillas: 30.82 g ± 0.21 g; número de semillas.100 g ⁻¹ : 324.47 ± 2.19; germinación estándar: 0 % e índice de velocidad de germinación: 0. Cosechada en octubre de 2020

Se recolectaron muestras de 200 g de semilla por procedencia, las cuales fueron almacenadas en condiciones de laboratorio en envases plásticos con sus respectivas tapas, limpios y secos, previamente identificados.

De cada procedencia, se seleccionaron aleatoriamente 250 semillas, de las cuales, 125 fueron sembradas directamente en cámaras húmedas —semilla sin desinfección (SSD)—constituidas por capsulas de Petri acondicionadas con dos hojas de papel absorbente [Toallas Multiusos Absorbo,

—Blotter test— (ISTA, 2003). Las capsulas de Petri fueron mantenidas en condiciones de laboratorio a 27 °C \pm 2 °C, durante 15 días, con luminosidad natural de 12 h día⁻¹ aproximadamente.

El experimento se condujo en diseño de bloques al azar con arreglo factorial 4 x 2 siendo el factor A: Procedencia de la semilla (1, 2, 3 y 4) y factor B: condición de siembra (SSD y SD), con cinco réplicas por combinación, cada réplica

representada por cinco cápsulas de Petri, conteniendo cada una cinco semillas de moringa sembradas de forma equidistante.

Las evaluaciones se realizaron a los 5, 10 y 15 días luego de la incubación; se realizaron observaciones con el microscopio estereoscópico de las colonias de hongos presentes por cápsula, las cuales se clasificaron por color y aspecto homogéneo del micelio mediante la metodología descrita por Ortega-Amaro *et al.* (2017). Se cuantificó la frecuencia de aparición de cada tipo de colonia fúngica.

En las capsulas de Petri, las semillas tuvieron numeración permanente, con el objetivo de mantener siempre el mismo orden de lectura y registro de las colonia fúngicas.

De cada colonia fúngica, se realizó aislamientos en medio PDA —papa-dextrosa-agar— marca Hopebio®, —preparado a razón de 42 g L¹¹ y tratado con tres gotas de ácido láctico por placa— hasta obtener cultivos purificados; posteriormente se realizaron montajes independientes con cinta adhesiva y tinción de azul de metileno (Ortega-Amaro *et al.*, 2017) para observar en microscopio óptico e identificar por géneros según la clave taxonómica de Barnett y Hunter (1998). Adicionalmente, se determinó el porcentaje de germinación, mediante enumeración de las semillas germinadas por placa; se consideraron semillas germinadas aquellas con emisión de radícula de longitud mayor o igual a 5 mm (Luna, 2019).

Las frecuencias relativas (%) obtenidas en germinación, micoinfestación y aparición o ausencia de cada género de hongo, por procedencia y condición de siembra fueron analizadas mediante prueba de asociación Chi Cuadrado (X²). La comparación directa entre condiciones de siembra —SSD y SD— fue realizada por la prueba de Mann Whitney, mientras que la comparación directa entre procedencias fue analizada por la prueba Kruskal Wallis.

El comportamiento de la germinación (%) respecto a cada género fúngico fue analizado de manera independiente por procedencia, mediante análisis de correlación de Spearman. Todos los procedimientos estadísticos, descriptivos e inferenciales, fueron realizados en el programa estadístico INFOSTAT versión 2018 (Di Rienzo *et al.*, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Géneros fúngicos identificados. De manera general, se detectaron seis géneros de hongos asociados a las semillas de moringa. Se identificaron los géneros: Fusarium sp., Monilia sp., Aspergillus sp., Penicillium sp., Rhizopus sp. y Trichoderma sp. Es de resaltar que en el medio de cultivo, para los aislamientos del género Fusarium, se presentaron dos variantes: una de color morado y otra de color rojo; mientras que para el género Aspergillus, se presentaron cuatro tipos de coloración de micelio: verde-amarillo, marrón claro, marrón oscuro y negro.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2022), estos seis géneros fúngicos

pueden ser clasificados en tres grupos funcionales: hongos de campo —Fusarium y Trichoderma—, hongos de almacenamiento —Aspergillus y Penicillium— y hongos contaminantes genéricos —Monilia y Rhizopus—, cada uno con origen, hábitat y habito particular.

Fusarium. Es considerado uno de los géneros fúngicos de mayor distribución mundial, con alto potencial patogénico y de diseminación (Nash-Smith, 2007); puede ser localizado en el suelo y/o en tejidos vegetales (Tapia y Amaro, 2014) y habitualmente en semillas (Uribe-Cortés et al., 2020). Algunas especies de este género están asociadas a síntomas de enfermedades en moringa: Fusarium solani está asociada con la presencia de manchas y clorosis de hojas; de modo similar, con manchas y necrosis de tallos, marchitez y muerte de plántulas. De manera análoga, Fusarium semitectum está vinculado con la pudrición del fruto (Lezcano et al., 2014; Vaillant et al., 2015).

Trichoderma. Este género de hongos presenta crecimiento acelerado, alta adaptabilidad a condiciones ecológicas y hábito saprófito (Zeilinger *et al.*, 2016), de preferencia a espacios con abundante materia orgánica (Sandle, 2014). Por su función micoparásita, se emplea para combatir hongos fitopatógenos, con la finalidad de disminuir la infestación natural y brindar protección a las semillas posterior a la siembra (Martínez *et al.*, 2013).

Aspergillus y Penicillium. Son géneros típicos en condiciones de almacenamiento (Mediavilla-Molina et al., 1992), con habilidad para invadir semillas y granos de bajo contenido de humedad, crecer en amplio rango de temperaturas y con pocas excepciones, infectar antes de la cosecha (PROAIN, 2021). Colonizan activamente las semillas, donde causan deterioro y reducción en la germinación, a través de principios enzimáticos y toxinas (Howlett, 2006). El género Aspergillus recientemente se vincula a la moringa, como un hongo endófito, localizado a nivel de tallo (Mosquera-Rivera et al., 2020).

Monilia. Representa el estado conidial (asexual) del género *Monilinia* spp. (Tuset *et al.*, 2022), habita mayormente regiones húmedas y ataca principalmente a frutales, siendo agente causal de la podredumbre marrón (Malvárez *et al.*, 2001). Se comporta como un patógeno de heridas, puesto que infecta frutos a partir de lesiones provocadas por insectos y/o roces mecánicos (Zuñiga *et al.*, 2011).

Rhizopus. Género cosmopolita, en su mayoría saprobios — descomponedores—, se alimentan de materia orgánica, siendo pocos, parásitos o patógenos (Lennartsson *et al.*, 2014); las especies fitopatógenas causan pudrición postcosecha

(Velásquez-del Valle *et al.*, 2008), mientras otras —*Rhizopus oryzae*— son útiles en la industria de alimentos, por producir abundante ácido láctico (Londoño-Hernández *et al.*, 2017).

Dinámica fúngica de acuerdo con la condición de siembra.

En la Figura 1, se presentan los valores de frecuencia fúngica y número de colonias.semilla-1 obtenidos en las condiciones de siembra —semilla desinfectada y sin desinfectar—. El análisis estadístico por la prueba de Mann Whitney detectó diferencias significativas a 1 % de probabilidad, en relación con la presencia y diversidad fúngica cuantificada entre ambas condiciones, con superioridad estadística para las semillas de moringa no desinfectadas, respecto a las semillas desinfectadas.

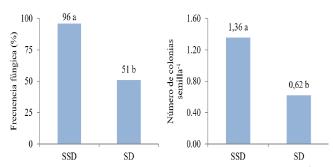


Figura 1. Frecuencia fúngica (%) y número de colonias.semilla⁻¹ en semillas de moringa, sin desinfectar (SSD) y desinfectadas (SD). SSD: Semillas sin desinfectar; SD: Semillas desinfectadas. Valores promedios seguidos de letras distintas representan diferencias significativas por la prueba de Mann Whitney a 1 % de probabilidad.

La diferencia obtenida a favor de la semilla no desinfectada es debido a que en dicha condición se mantiene intacta la población fúngica ubicada en la parte externa de la semilla, lo que favorece de forma significativa, la presencia y crecimiento de los hongos presentes en el material; mientras que, al desinfectar, se elimina la población fúngica superficial y se limita el crecimiento, solo para los hongos presentes al interior (Márquez *et al.*, 2007). Por ello, la desinfección de semillas, como práctica cultural, es ampliamente recomendada a modo de reducir riesgos de diseminación, además de proteger la semilla durante su conservación (Vélez y Castrillón, 2018).

Aislamientos fúngicos en semillas tratadas o no con hipoclorito de sodio. Las frecuencias relativas (%) de aparición de los géneros fúngicos identificados, en las dos condiciones de siembra y su evolución durante lecturas sucesivas a los 5, 10 y 15 días de evaluación, se muestran en la Figura 2. Dichos comportamientos permiten asociar a los géneros *Fusarium* y *Rhizopus* como hongos infestadores, es decir, localizados mayormente en el exterior de la semilla de moringa —infestada—, mientras que el género *Penicillium* se

ubica más al interior de la semilla —infectada—; el género *Aspergillus* resultó ser el más versátil, al liderar las frecuencias de aparición en ambas condiciones de siembra, con lo cual puede estar presente en la semilla de moringa tanto externa como internamente.

En semillas de moringa sin desinfectar, destacan los géneros Fusarium, Aspergillus y Rhizopus, con porcentajes de aparición superiores a 40 %, mientras que en semillas desinfectadas, los mayores porcentajes corresponden a los géneros Aspergillus y Penicillium —29.6 % y 22.8 %, respectivamente—. El género Monilia mantuvo, en ambas condiciones de siembra, porcentajes de aparición menores a 10 %, mientras el género Trichoderma, solo fue detectado en semillas no desinfectadas, con frecuencias menores o iguales a 1.2 %.

Por ser *Fusarium* un hongo de campo, resulta muy factible ubicarlo en su mayoría al exterior de la semilla de moringa, debido a que, en semilla recién cosechada o semilla nueva, el poco tiempo de contacto dificulta al hongo penetrar significativamente el tejido seminal (Warman y Aitken, 2018). En cambio, la mayor presencia de Penicillium al interior de la semilla de moringa puede asociarse a lotes de semilla almacenados por tiempo prolongado, donde este tipo de hongo, dispone condiciones ambientales favorables para poblar internamente la semilla (PROAIN, 2021).

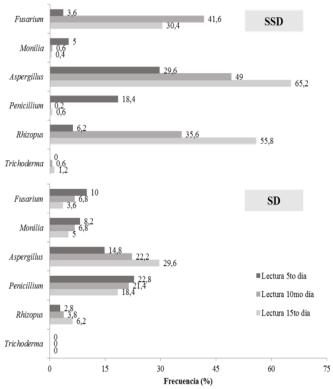


Figura 2. Frecuencia relativa (%) de aparición por género fúngico en semillas de moringa, sin desinfectar (SSD) y desinfectadas (SD). SSD: Semillas sin desinfectar; SD: Semillas desinfectadas.

En cuanto al género *Aspergillus*, debido a su alta proliferación en semillas almacenadas y la existencia de razas que pueden atacar a nivel de campo (Sepúlveda y Piontelli, 2005), es perfectamente justificable la notable participación de este hongo en los lotes de semilla de moringa evaluados.

Los resultados en esta investigación se ratifican con los géneros fúngicos detectados por Martínez-De la Parte *et al.* (2013), de los cuales *Aspergillus* y *Fusarium* fueron los más representativos con 19.07 % y 15.68 %, respectivamente; y con lo reportado por Gómez-Martínez *et al.* (2020) quienes encontraron infestación con *Fusarium* en 70 % de las semillas de moringa muestreadas; sin embargo, también se evidenció la presencia de altas proporciones de *Rhizopus* en las semillas estudiadas de los municipios Maturín y Cedeño del estado Monagas.

Dinámica fúngica entre procedencias

localidades del estado Monagas

Semillas no desinfectadas. En el Cuadro 2 se presenta el comportamiento de la germinación y la presencia de hongos en semillas de moringa sin desinfectar.

De manera general, se observa que, independiente del poder germinativo de la semilla muestreada en las localidades, se constata infestación por hongos por encima del 92 %; aunque, el número de colonias fúngicas.semilla⁻¹ fue mayor en la semilla sin poder germinativo —Terrenos del Guarapiche—, que también poseía mayor tiempo de almacenamiento —10 meses postcosecha— y de manera similar, presentó el mayor nivel de infestación fúngica por *Aspergillus* y *Rhizopus*.

En las semillas procedentes del municipio Cedeño, La Tomatera, el género Fusarium fue más frecuente —88 %—, mientras que, los géneros *Penicillium* y *Trichoderma* estuvieron asociados exclusivamente a semillas procedentes del sector Brisas del Aeropuerto. En orden decreciente, el porcentaje de germinación de las semillas fue de 61.60 % < 36.80 % < 1.60 % < 0 %, y correspondió a las muestras procedentes de la Tomatera, Las Avenidas, Brisas del Aeropuerto y Terrenos del Guarapiche, respectivamente.

Por el análisis de Chi Cuadrado se detectó asociación significativa, a 5 % y 1 % de probabilidad, entre las variables evaluadas en relación a la procedencia de la semilla de moringa; la excepción correspondió a las frecuencias del género *Monilia*, para la cual no hubo efecto significativo. Por otra parte, en la comparación estadística para el número de colonias.semilla⁻¹, también se detectó diferencias significativas entre procedencias. El número de colonias. semilla⁻¹ fue estadísticamente superior en semillas del sector Guarapiche (2.01), mientras que en semillas del municipio Cedeño fue más bajo (1.14). Las semillas procedentes de Las Avenidas y Brisas del Aeropuerto, presentaron diversidad fúngica intermedia, entre 1.58 y 1.59; respectivamente.

La edad post cosecha de la semilla, entre procedencias, determinó considerablemente el comportamiento en germinación y calidad fitosanitaria de las semillas (Ruíz-Pérez et al., 2017); la semilla de la Tomatera de Caicara fue el material cosechado más reciente, presentando los mejores registros de germinación y a su vez la menor carga fúngica. De manera similar, la semilla de la Tomatera, estuvo asociada con mayores infestaciones por Fusarium, mientras que la semilla proveniente del sector Guarapiche, habiendo sido almacenada por largo tiempo, perdió completamente su poder germinativo y presentó mayor carga fúngica, asociada a géneros como Aspergillus y Rhizopus.

Semillas desinfectadas. Los valores de germinación y presencia fúngica en semillas de moringa desinfectadas procedentes de cuatro localidades del estado Monagas, se muestran en el Cuadro 3. El análisis Chi Cuadrado detectó asociación significativa a 1 % de probabilidad entre las variables evaluadas con relación a la procedencia de la semilla, con excepción del género *Trichoderma*, el cual no fue reportado en esta condición de siembra. La comparación para el número de colonias.semilla⁻¹ también detectó diferencia significativa entre procedencias.

En este caso, en semillas de moringa desinfectadas, la procedencia Tomatera de Caicara, nuevamente estuvo

Cuadro 2. Germinación y presencia de hongos en semillas de moringa sin desinfectar (SSD), procedentes de

		Municipios de procedencia					
Variables		Cedeño Maturín Maturín Maturín		-			
			X^2				
		Tomatera Caicara	Las Avenidas	Brisas del Aeropuerto	Terrenos del Guarapiche	-	
Germinación (%)		61.60	36.80	1.60	0.00	176.76**	
Mico-infestación (%)		96.00	98.40	92.80	100.00	11.88**	
	olonias fúngicas.semilla ⁻¹		1.58 b	1.59 b	2.01 a		
_	Fusarium sp.	88.00	0.80	32.00	0.80	299.68**	
Frecuencia (%)	Monilia sp.	0.00	1.60	0.00	0.00	6.02 ns	
de hongos por	Aspergillus sp.	11.20	85.60	64.00	100.00	250.37**	
género	Penicillium sp.	0.00	0.00	2.40	0.00	9.05*	
genero	Rhizopus sp.	0.00	68.80	54.40	100.00	265.48**	
	Trichoderma sp.	0.00	0.00	4.80	0.00	18.22**	

X²: Coeficiente Chi-cuadrado (Gl = 3); para la variable colonias fúngicas.semilla¹. Letras distintas representan diferencias significativas entre procedencias, por la prueba de Kruskal Wallis y comparación de suma de rangos.

vinculada con la mayor germinación (55.2 %) mayor frecuencia del género Fusarium (14.40%), mientras que las procedencias Las Avenidas y Terrenos Guarapiche, asociaron a mayor infectación fúngica (68.8 %). La semilla del sector Guarapiche a mayor asoció de los

géneros *Monilia, Aspergillus* y *Rhizopus* (13.60 %; 61.40 % y 18.40 %, respectivamente), mientras que las semillas procedentes de Brisas del Aeropuerto estuvieron asociadas a mayor frecuencia del género *Penicillium* (38.40 %).

Respecto a la variable número de colonias fúngicas. semilla-1 nuevamente se obtuvo superioridad para las semillas procedentes del sector Guarapiche (1.01), seguidas de las procedencias Las Avenidas y Brisas del Aeropuerto, correspondiendo a 0.79 y 0.63, respectivamente; mientras que las semillas de moringa obtenidas de la Tomatera Caicara, registró nuevamente, la menor carga fúngica (0.18).

manera directa la germinación; tal comportamiento estadístico infiere que a medida que se incrementa la frecuencia de este fitopatógeno fúngico indistintamente aumenta la germinación de la semilla infestada; sin embargo, toda la literatura revisada indica que, el género *Fusarium*, detectado en semillas, incide severamente sobre la germinación (Borges y Urdaneta, 2010; Álvarez-Orozco *et al.*, 2021). El momento del análisis de las semillas de moringa, está asociado a su condición fitosanitaria y sus características físicas e intrínsecas.

Para el caso de la correlación negativa obtenida entre el género Aspergillus y la germinación de las semillas

Cuadro 3. Germinación y presencia de hongos en semillas de moringa desinfectadas (SD), procedentes de localidades del estado Monagas

	_		_			
Variables -		Cedeño	Maturín	Maturín	Maturín	
			Loca	lidades		\mathbf{X}^2
	_	Tomatera	Las Avenidas	Brisas del	Terrenos de	
		Caicara		aeropuerto	Guarapiche	
Germinación (%)		55.20	30.40	0.80	0.00	155.42**
Mico-infectación (%)		18.40	68.80	56.00	68.80	85.58**
Colonias fúngicas.semilla ⁻¹		0.18 c	0.79 ab	0.63 b	1.01 a	
	Fusarium sp.	14.40	0.00	0.00	0.00	56.02**
F(0/)	Monilia sp.	0.00	4.80	1.60	13.60	29.09**
Frecuencia (%)	Aspergillus sp.	4.00	35.20	17.60	61.60	111.26**
de hongos por género	Penicillium sp.	0.00	34.40	38.40	0.80	108.59**
	Rhizopus sp.	0.00	4.80	1.60	18.40	45.22**
	Trichoderma sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	

 X^2 : Coeficiente Chi-cuadrado (gl = 3); Letras distintas representan diferencias significativas entre procedencias, por prueba Kruskal Wallis y comparación de suma de rangos.

Está demostrado que la procedencia influye comparativamente en las características de las semillas, debido a que, la condición agroecológica —suelo-climaplanta—, así como la tecnología aplicada en los procesos pre y postcosecha, raramente coincide entre localidades, lo que tributa fácilmente hacia diferentes situaciones fitosanitarias, sobre todo en cultivos no industrializados (Cavallo *et al.*, 1994; Palmero *et al.*, 2005).

Relación entre la germinación y géneros fúngicos asociados a las semillas. En el análisis de correlación de Spearman por procedencia para las variables germinación y frecuencias (%) de los géneros fúngicos reportados, hubo cuatro correlaciones significativas, tres de ellas en la procedencia Tomatera Caicara y una en la procedencia Las Avenidas. De acuerdo con el análisis, en semillas de moringa sin desinfectar, el género *Fusarium* se correlacionó positivamente con la germinación (rs = 0.37**), mientras que, el género *Aspergillus*, en ambas condiciones de siembra, con y sin desinfección, se correlacionó negativamente con la germinación (rs = -0.35** y -0.23*, respectivamente).

La correlación positiva entre el género *Fusarium* y la germinación en semillas de moringa sin desinfectar, describe que este hongo al localizarse externamente, no afecta de

de moringa, con y sin desinfección, ratifica que este fitopatógeno afecta significativamente la germinación de la semilla (Howlett, 2006); esto indica que, en la medida que se incrementa la frecuencia de *Aspergillus* en las semillas, disminuye el porcentaje de germinación.

CONCLUSIONES

Se detectaron los hongos *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Monilia* sp. y *Trichoderma* sp.

El aislamiento fúngico más frecuente detectado en las semillas fue *Aspergillus* sp. y en orden decreciente se ubican *Rhizopus* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Monilia* sp. y *Trichoderma* sp.

En semillas recién cosechadas se observó con más frecuencia la presencia de *Fusarium*, mientras que, para semillas con mayor tiempo de almacenamiento se observaron los géneros *Aspergillus*, *Rhizopus* y *Penicillium*.

En semillas sin ningún poder germinativo, los géneros *Aspergillus* y *Rhizopus* alcanzaron niveles de infestación del 100 %.

La detección de *Trichoderma* sp., solo ocurre cuando la semilla no se somete a tratamiento de desinfección y su porcentaje de detección es muy bajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, G. (2005). Plant Pathology. Elsevier Academic Press.
- Álvarez-Orozco, S., Torres-Rodríguez, D., Querales, P., Valera, R., Pacheco-Pacheco, J. y Gavilánez, T. (2021). Evaluación del efecto de la presencia de hongos patógenos y metabolitos secundarios sobre la germinación en tres hortalizas de hojas. *TecnoLógicas*, 24(50), 189-203. https://doi.org/10.22430/22565337.1730
- Barnett, H. & Hunter, B. (1998). Illustrated Genera of Imperfect Fungi. The American Phytopathological Society Press.
- Borges, J. y Urdaneta, J. (2010). Efecto de Fusarium sp. en la germinación, fenología y supervivencia de plántulas de Leucaena leucocephala (Lam) de Wit. *Agronomía Tropical*, 60(2), 155-160. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2010000200004&lng=es&tlng=es
- Castaño-Zapata, J. (1994). Principios básicos de Fitopatología. Zamorano Academic Press.
- Cavallo, A., Novo, R. y Robledo, C. (1994). Flora fúngica transportada por semilla de maní (Arachis hypogaea L.) en la provincia de Córdoba, Argentina. *AGRISCIENTIA*, 11, 43-48. https://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/download/2438/1385
- Clima-data.org. (26 de octubre de 2020). Clima Maturín (Venezuela). https://es.climate-data.org/america-del-sur/venezuela/estado-monagas/maturin-4021
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2018). *InfoStat* [software]. Universidad Nacional de Córdoba. http://www.infostat.com.ar
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. (2007). Deterioro postcosecha de las frutas y hortalizas frescas por hongos y bacterias. http://fhia.org.hn/dowloads/fhianinfdic2007.pdf
- García, C. (2004). Introducción a la microbiología. EUNED.
- Gómez-Martínez, M., Rodríguez-Herrera, R., González-Domínguez, J. R. y Santos-Fernández, M. (2020). Calidad de semilla de moringa y su adaptabilidad en campo en asociación con zacate buffel. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7(2), 1-13. https://doi.org/10.19136/era.a7n2.2408
- Ghangaokar, N. & Kshirsagar, A. (2013). Study of seed borne fungi of different legumes. *DAMA Internacional*, 2(1), 32-35. https://www.academia.edu/23703182/Study of Seed Borne Fungi of Different Legumes
- Howlett, B. (2006). Secondary metabolite toxins and nutrition of plant pathogenic fungi. *Curr. Opin. Plant. Biol.*, (4), 371-375. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2006.05.004
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (12 de enero de 2022). *Importancia de la patología de semillas en el almacenamiento de granos*. https://inta.gob.ar/documentos/importancia-de-la-patologia-de-semillas-en-el-almacenamiento-de-granos
- International Seed Testing Association. (2003). International Rules for Seed Testing. ISTA.
- Lennartsson, P., Taherzadeh, M. & Edebo, L. (2014). Rhizopus. In Batt C. & Tortorello M. (Eds.), *Encyclopedia of Food Microbiology*. Lezcano, J., Alonso, O., Trujillo, M. y Martínez, E. (2014). Agentes fungosos asociados a síntomas de enfermedades en plántulas de Moringa oleifera Lamarck. *Pastos y Forrajes*, *37*(2), 166-172. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269131791006
- Londoño-Hernández, L., Ramírez-Toro, C., Ruiz, H., Ascacio-Valdés, J., Aguilar-González, M., Rodríguez-Herrera, R. & Aguilar, C. (2017). Rhizopus oryzae Ancient microbial resource with importance in modern food industry. *Int. J. Food Microbiol.*, 18 (257), 110-127. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.06.012
- Luna, C. (2019). Establecimiento de un método eficiente de estandarización de la germinación in vitro de Moringa oleifera (Moringaceae). *Acta Botánica Mexicana*, (126). https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1496
- Mahesha, N., Priyanka, M., Subhash, Ch. & Gupta R. (2019). Diversity of seed-borne mycoflora of moringa oleifera in kumaun region of central Himalaya. *ENVIS Bulletin Himalayan Ecology*, 27, 58-62. http://gbpihedenvis.nic.in/ENVIS%20Bullitin/ENVIS%20Bulletin,%20Vol.27,2019/10%20Mahesha%20Nand1.pdf
- Malvárez, G., Rodríguez, A., Aguilar, C., Silvera, E. y Mondino, P. (2001). Identificación de especies de Monilinia spp. en aislamientos obtenidos de Prunus spp. por PCR con Primers específicos. *Agrociencia*, 5(1), 48-53. http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/index. php/directorio/article/view/569/477
- Márquez, S., Bills, G. & Zabalgogeazcoa, I. (2007). The endophytic mycobiota of the grass Dactylis glomerata. *Fungal Divers.*, 27, 171-195. http://www.fungaldiversity.org/fdp/sfdp/27_11.pdf
- Martínez, B., Infante, D. y Reyes, Y. (2013). Trichoderma spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de Protección Vegetal*, 28(1), 1-11. http://revistas.censa.edu.cu/index.php/RPV/article/view/41
- Martínez-De la Parte, E., Cantillo-Pérez, T. y García-Rodríguez, D. (2013). Micobiota asociada a lotes importados de semillas de moringa (Moringa oleífera). *Fitosanidad*, *17*(3), 125-129. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209129856001
- Mediavilla-Molina, A., Infante-García-Pantaleón, F., Angulo-Romero, J. y Domínguez-Vilches, E. (1992). Catálogo de los hongos presentes en silos de la provincia de Córdoba (España). *Acta Botánica Malacitana*, 17, 57-66. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1012639

- Mosquera, W., Criado, L. y Guerra, B. (2020). Actividad antimicrobiana de hongos endófitos de las plantas medicinales Mammea americana (Calophyllaceae) y Moringa oleifera (Moringaceae). *Biomédica*, 40(1), 55-71. https://doi.org/10.7705/biomedica.4644
- Nenínger, L., Hidalgo, E., Barrios, L. y Pueyo, M. (2003). Hongos presentes en semillas de arroz (Oryza sativa L.) en Cuba. *Fitosanidad*, 7(3), 7-11. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209118166002
- Ortega-Amaro, M., Rodríguez, M. y Domínguez, K. (2017). *Manual de Prácticas del Laboratorio del curso de "BIOLOGÍA DE HONGOS"*. http://www.fc.uaslp.mx/informacion-para/material-didactico/MANUALDELABORATORIOBIOLO-GIADEHONGOS.pdf
- Palmero, D., Iglesias, C. y Sinobas, J. (2005). Inventario fúngico asociado a las semillas de cultivares de cardo (Cynara carduncu lus L.). *Bol. San. Veg. Plagas*, 31(2), 277-285. https://oa.upm.es/15070/
- Pazos, T., Sarubbi, H. y Aquino, A. (2011). Evaluación de hongos fitopatógenos en semillas de especies forrajeras tropicales. *Investig. Agrar.*, 13(1), 41-47. http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2305-06832011000100006
- PROAIN. (27 de diciembre de 2021). Principales hongos perjudiciales en granos almacenados. https://proain.com/blogs/ntas-tec-nicas/principales-hongos-perjudiciales-en-granos-almacenados
- Ruíz-Pérez, A., Araméndiz-Tatis, H. y Cardona-Ayala, C. (2017). Efecto del almacenamiento en la calidad fisiológica de semilla de moringa (Moringa oleifera Lam.). Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica, 20(1), 79-89. http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v20n1/v20n1a10.pdf
- Sandle, T. (2014). Trichoderma. In Batt C. & Tortorello M. (Eds.). Encyclopedia of Food Microbiology.
- Sepúlveda, C. y Piontelli, E. (2005). Poblaciones de Aspergillus en semillas de maíz y soja de importación argentina: Énfasis en la sección flavi. *Boletín Micológico*, 20. https://doi.org/10.22370/bolmicol.2005.20.0.276
- Nash-Smith, S. (2007). An overview of ecological and habitat aspects in the genus Fusarium with special emphasis on the soil-borne pathogenic forms. *Plant Pathology Bulletin*, 16, 97-120. https://www.taiwanphytopath.org/uploads/publication/d8af-8c27a6794eaee3deee7c2c7eedf4.pdf
- Tapia, C. y Amaro, J. (2014). Género Fusarium. Rev. Chilena Infectol., 31(1), 85-86. http://doi.org/10.4067 S071610182014000100012
- Tuset, J., Hinarejos, C. y Mira, J. (24 de enero de 2022). La "podredumbre marrón" .Monilinia spp.) de los frutales de huso.https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/191-agosto-septiembre-2007/la-podredumbre-marron-monilnia-spp-de-los-frutales-de-hueso
- Urbina, C. (04 de agosto de 2019). Enfermedades causadas por hongos, Fitopatología General. Universidad Católica Agropecua ria del Trópico Seco. Estelí, Nicaragua.https://www.yumpu.com/es/document/read/11842579/enfermedades-causadas-por-hogos-martin-urbina-chavarria
- Uribe-Cortés, T., Silva-Rojas, H., Mendoza-Onofre, L., Velázquez-Cruz, C. y Rebollar-Alviter, A. (2020). Identificación de especies de Fusarium aisladas de semillas sintomáticas y asintomáticas de maíz con base en el gen TEF-1α. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(1), 79-88. https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.79
- Vaillant, D., Pérez, Y. y Ramírez, R. (2015). Detección de Fusarium semitectum en vainas de plantas de moringa (Moringa oleífera Lam.). *Bol.Micol.*, 30(2), 3-5. https://doi.org/10.22370/bolmicol.2015.30.2.344
- Velázquez-del Valle, M., Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A., Guerra-Sánchez, M. y Amora-Lazcano, E. (2008) Estrategias de Control de Rhizopus stolonifer Ehrenb. (Ex Fr.) Lind, Agente Causal de Pudriciones Postcosecha en Productos Agrícolas. *Revista mexicana de fitopatología*, 26(1), 49-55. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&p-d=S0185-33092008000100008
- Vélez, G. y Castrillón, F. (2018). Producción y conservación de semillas nativas y criollas de buena calidad y sanidad. Grupo Semillas.
- Warman, N. y Aitken, E. (2018). The movement of Fusarium oxysporum f. sp. Cúbense (sub-tropical race 4) in susceptible cultivars of banana. *Front. Plant. Sci.*, 1748. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.01748/full
- Zeilinger, S., Gruber, S., Bansal, R. y Mukherjee, P. (2016). Secondary metabolism in chemistry meets genomics. *Fungal Biology Reviews*, 30(2), 74-90. https://doi.org/10.1016/j.fbr.2016.05.001
- Zúñiga, J., Biurrun, R., Garnica, I., Lezaun, J. y Llorens, M. (2011). *Las moniliosis*. Navarra Agraria. https://www.navarraagraria.com/categories/item/710-las-moniliosis#:~:text=Se%20denomina%20moniliosis%20o%20podredumbre,Monilinia%20 frut%C3%ADcola%20(Anamorfo%20Monilia)

Siembra a doble surco y surco sencillo y su efecto en el rendimiento de semilla de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)

Double furrow and single furrow planting and its effect on seed yield of common bean (Phaseolus vulgaris L.)

Johnry Junior Hawkins Martínez¹, Alba Noelia Ortiz Aragón², Roberto Carlos Larios González³

- Graduado de la carrera de Ingeniería Agronómica, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5089-4247 / johnryhawkins97@gmail.com
- ² Ingeniera agrónomo, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8772-3484 / noely981@hotmail.com
- ³ MSc. Agroecología y Desarrollo Sostenible, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4290-2216/ roberto.larios@ci.una.edu.ni Universidad Nacional Agraria, Nicaragua



RESUMEN

Los sistemas de siembra influyen en la respuesta de los cultivos en el producto final. El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia del sistema de siembra a doble surco y la siembra en surco sencillo en el rendimiento de semilla de frijol (Phaseolus vulgaris L.). La investigación se realizó en la época seca en el período de febrero a abril del 2019 en el Centro de Desarrollo Experimental de Frijol La Compañía del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, ubicado San Marcos, Carazo, Nicaragua. La Compañía se encuentra a una altura de 470 metros sobre el nivel del mar con temperatura media de 24 °C y precipitación anual entre 1 200 y 1 500 mm. Se utilizó un diseño de parcelas pareadas, comparando la parcela A (doble surco) con la parcela B (surco sencillo). El análisis estadístico fue una prueba de t de Student. El cultivar utilizado fue INTA Rojo Extrema Sequía, generado por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. Los tratamientos fueron dos sistemas de siembra, el primero a doble surco con 80 cm entre calle y 40 cm entre surco, el segundo con surco sencillo a 60 cm entre surco; ambos con 12 semillas por metro lineal. Las variables evaluadas fueron número de vainas por planta, número de granos por vaina y rendimiento en kg ha-1. No se registran diferencias estadísticas en el rendimiento y sus componentes, por lo que se concluye que los componentes del rendimiento y el rendimiento resultan similares indistintamente del sistema de siembra.

Palabras clave: distancias de siembra, parcelas pareadas, producción de semilla.

Recibido: 5 de mayo del 2022

Aceptado: 4 de noviembre del 2022

ABSTRACT

Planting systems influence crop response in the final product. The objective of this research was to determine the influence of the double furrow planting system and single furrow planting on bean (Phaseolus vulgaris L.) seed yield. The research was carried out during the dry season in the period from February to April 2019 at the bean experimental and development center La Compañía of the Nicaraguan Institute of Agricultural Technology, located in San Marcos, Carazo, Nicaragua. La Compañía is located at an altitude of 470 meters above sea level with an average temperature of 24 °C and annual rainfall between 1 200 and 1 500 mm. A paired plot design was used, comparing plot A (double furrow) with plot B (single furrow). The statistical analysis was a Student's t-test. The cultivar used was INTA Rojo Extrema Sequía, generated by the Nicaraguan Institute of Agricultural Technology. The treatments were two planting systems, the first with a double furrow with 80 cm between rows and 40 cm between rows, the second with a single furrow at 60 cm between rows; both with 12 seeds per linear meter. The variables evaluated were number of pods per plant, number of grains per pod and yield in kg ha-1. There are no statistical differences in yield and its components, so it is concluded that yield and yield components are similar regardless of the planting system.

Key words: Planting distances, paired plots, seed production.



egún el tipo de cultivo se establecen las distancias de siembra, considerando el hábito de crecimiento, tipo de suelo y los instrumentos de trabajo, de esta manera se originan los sistemas de siembra (Padilla et al., 2003). En el cultivo de frijol la separación espacial tradicionalmente utilizada es a surco sencillo. En la siembra a doble surco, la separación se considera entre surcos e hileras y las distancias permiten mayor aprovechamiento de humedad y espacio, facilitando labores de manejo y culturalmente el manejo de enfermedades.

Los sistemas de siembra se constituyen en una práctica que permite mejorar la distribución de las semillas en el espacio (Calero *et al.*, 2018); esta distribución influye en el crecimiento y desarrollo del grano, alterando el ambiente, la captación de luz, y la competencia entre plantas por agua y nutrientes (Ricaurte *et al.*, 2016), factores que inciden en el rendimiento.

El Centro de Desarrollo Experimental de Frijol La Compañía, subsecuentemente llamado La Compañía, pertenece al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), es un centro dedicado a la validación y reproducción de semilla de granos básicos, principalmente frijol. Como parte de los procesos de innovación tecnológica, establecen parcelas experimentales con distintas distancias de siembra para valorar el desarrollo vegetativo y reproductivo de semilla de frijol.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2015) señala que la semilla es el insumo de mayor importancia en la agricultura y la alimentación.

En Nicaragua las áreas de producción de semilla gestionan la generación y reproducción de cultivares con potencial genético en determinados cultivos, entre ellos granos básicos como el frijol (Ortiz y Larios, 2020).

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Red de Innovación Agrícola y Cooperación Suiza en América Central (IICA et al., 2009) enfatizan en la distribución, importancia y aporte nutricional del frijol en la alimentación y su participación en la seguridad alimentaria y nutricional; refieren que en Nicaragua es una de las fuentes de proteína más importante y accesible en la dieta humana.

Definir distancias de siembra es una estrategia que integra las primeras gestiones del manejo del sistema de producción. La distancia de siembra ejerce influencia en los procesos fisiológicos y tiene un efecto en la expresión del área foliar, cantidad de plantas por unidad de área y el rendimiento (Soltani et al., 2006). Carvalho et al. (2001) mencionan que un mayor rendimiento en leguminosas está relacionado con una alta densidad poblacional y valoran el aprovechamiento de las áreas de siembra a través de sistemas que reduzcan distancia entre plantas y aumenten el número de planta por superficie, sin afectar los valores productivos.

En Nicaragua, el efecto de los sistemas de siembra en la producción de semilla de frijol, no han sido particularmente estudiado; esta investigación ha sido desarrollada con la premisa de definir que distancia de siembra permite una mejor expresión del rendimiento y sus componentes, en la producción de semilla de frijol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el Centro de Desarrollo Experimental de Frijol La Compañía, propiedad del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), en el período del 15 de febrero al 24 de abril del 2019.

La Compañía está localizada en el kilómetro 45 de la carretera San Marcos-Masatepe, departamento de Carazo, en las coordenadas 11°54'30" LN y 86°10'50" LO (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER], 2018).

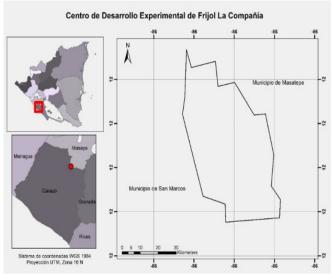


Figura 1. Ubicación geográfica del Centro de Desarrollo Experimental de Frijol La Compañía. Fuente: Ortiz-Aragón (2022)¹.

Características edafoclimáticas de la estación experimental La Compañía. El clima de esta zona se caracteriza por presentar estación seca de noviembre a abril y estación lluviosa de mayo a octubre (INETER, 2005); la temperatura promedio anual es de 24 °C, y precipitación anual entre 1 200 y 1 500 mm con humedad relativa de 85 % (INETER, 2018) y a una altura de 470 metros sobre el nivel del mar.

Se ubica en la zona de vida de Bosque Sub-Tropical Húmedo (bh-ST) según el sistema de clasificación de Holdridge (Agencia para el Desarrollo Internacional, 1962).

El suelo se clasifica en el orden Andisol sub orden Ustands con régimen de humedad ústico (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA], 2014). La génesis de los andisoles hace referencia a suelos derivados de ceniza volcánica (Sánchez y Rubiano, 2015).

¹ Ortiz-Aragón, A. N. (2022). Investigadora independiente.

Las principales características del suelo son los contenidos moderados o altos de materia orgánica, alta capacidad de intercambio catiónico y concentración de bases, con valores deficientes de fósforo por la presencia de alófanas (Pavón *et al.*, 2010).

Descripción del trabajo experimental. Se utilizó un diseño de parcelas pareadas para muestras independientes; se usó la relación matemática A = B, esto permitió comparar la parcela A, correspondiente a la siembra usando surco sencillo, con la parcela B, correspondiente a la siembra de surco doble.

Cada unidad experimental fue de 40 m X 40 m (1 600 m²), separadas por 20 metros entre sí. Para el muestreo se seleccionaron al azar 10 sitios por parcela, en cada sitio se muestrearon 10 plantas para una muestra total de 100 plantas por parcela.

Descripción de los tratamientos. Se evaluaron dos tratamientos, el primero a surco sencillo, con una distancia de 0.60 metros entre surco, y el segundo a doble surco, con distancias de 0.80 m entre calle y 0.40 m entre surco. En ambos sistemas se utilizaron 12 semillas por metro lineal, para una densidad poblacional de 200 000 plantas ha⁻¹ en el primer caso, y de 240 000 plantas ha⁻¹ en el segundo.

Descripción del material vegetativo. El cultivar utilizado fue INTA Rojo Extrema Sequía, semilla generada y reproducida por el INTA a través del proyecto de investigación y desarrollo "Fomento de la productividad de semillas de frijol rojo en Nicaragua". Este material se caracteriza por ser biofortificado, resistente a la sequía y altas temperaturas, con sistema radicular profundo, porte de planta erecto, madurez temprana, color de grano rojo claro -similar a las variedades criollas- y tolerante a la pre germinación dentro de la vaina (Guzmán, 2019).

Manejo agronómico. La preparación del suelo y la siembra se realizó con labranza mínima mecanizada. El manejo agronómico (fertilización, manejo de plagas, enfermedades y arvenses), se realizó de acuerdo con el itinerario técnico para la producción de semilla de frijol establecido por el Centro Experimental de Desarrollo de Frijol La Compañía.

Se utilizó una lámina de riego de 489 mm con dos horas de duración y un día como intervalo de aplicación; el sistema de riego es por aspersión estructurado por una tubería principal y tuberías secundarias separadas 12 metros entre sí. Según Ortiz-Aragón (2020, p. 9), este sistema de riego "utiliza aspersores modelo 5035 SD con rendimiento de 5.0 bares (b)

de presión, y caudal (Q) de 1.040 m (NDJ, 2013)". La lámina de riego y el diseño del sistema corresponden al utilizado en La Compañía.

Variables evaluadas. Se evaluaron variables del rendimiento y sus componentes. Estas fueron registradas al momento de la cosecha en 10 puntos al azar en cada parcela útil; las plantas consideradas por cada sitio fueron aquellas ubicadas en un metro lineal.

Número de vainas por planta. El registro de esta variable se realizó en 10 plantas por cada sitio de muestreo al momento de la cosecha (72 dds), contabilizando la cantidad de vainas en cada planta seleccionada.

Número de granos por vaina. Se registró el número de granos en cinco vainas, considerando las vainas ubicadas en la parte alta, media y baja de cada planta. Este registro se realizó en paralelo al número de vainas por planta.

Rendimiento (kg ha⁻¹). El rendimiento se registró considerando la cosecha dentro de cada parcela útil; dato que fue expresado en kg ha⁻¹ y ajustado a 14 % de humedad de acuerdo con la ecuación de Aguirre y Peske (1988).

Pf: Pi(100-Hi) / (100-Hf)

Donde: Pf: Peso final (kg), Pi: Peso inicial (kg), Hi: Contenido de humedad inicial (%), Hf: Contenido de humedad final (14%). La humedad se registró utilizando un probador de humedad digital para grano John Deere PLUSTM SW08120.

Análisis estadístico. Se realizó la prueba estadística de t de Student para inferencias basada en dos muestras con el programa estadístico InfoStat profesional. El nivel de confiabilidad fue 95 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de vainas por planta. El número de vainas por planta es un carácter cuantitativo, influenciado por la genética de cada cultivar y por el ambiente, principalmente por la temperatura, el viento y el agua durante la floración (White, 1985). Moraga y López (1993), señalan que el número de vainas por planta es condicionado por el nivel de nutrición en la fase de formación de vainas y granos, aspecto relacionado con el rendimiento.

El análisis estadístico indica que no hay diferencias en el número de vainas por planta por la influencia de la siembra a doble surco y a surco sencillo (Figura 2).

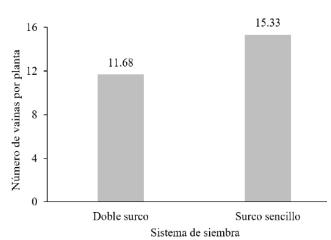


Figura 2. Número de vainas por planta por influencia de los sistemas de siembra.

Hernández y Barquero (2003) señalan "que el número de vainas por planta es un componente del rendimiento" y que una cantidad mayor de vainas no necesariamente significa un rendimiento mayor. Estos autores registraron un máximo de 12 vainas por plantas, ubicándose en el rango contabilizado en este estudio.

Estos resultados están en correspondencia con los reportados por Moya (2019), quienes registraron valores entre 14 y 18 vainas por planta a doble surco y con los de Valle (2013) quien registra plantas que poseían entre 11 y 14 vainas sembradas a surco sencillo.

Aunque nuestros resultados no difieren estadísticamente, autores como Hakansson (1983) y Díaz y Aguilar (1984) señalan que en la medida que la densidad de plantas es mayor, la cantidad de vainas por plantas es menor.

Número de granos por vaina. La cantidad de granos por vaina en el cultivo de frijol es un carácter asociado al rendimiento. Según Artola (1990) es una característica determinada por el genotipo, lo cual es heredable y está afectada por las condiciones del ambiente.

Joya y Leiva (2006) señalan que la cantidad de granos por vaina se relaciona con la radiación solar, el área foliar, la capacidad fotosintética y el estado nutricional.

Los resultados en esta investigación con el sistema de doble surco no difieren estadísticamente respecto a la siembra a surco sencillo (Figura 3). Al aumentar el número de plantas se esperaría obtener un mayor número de vainas, aprovechar mejor el área de cultivo y obtener mayor cantidad de plantas.

El número de granos puede variar según la longitud de las vainas. En la mayoría de los casos, a mayor longitud de la vaina mayor será el número de granos.

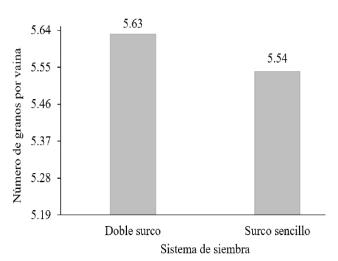


Figura 3. Número de granos por vaina por influencia de los sistemas de siembra.

El comportamiento estadístico en este estudio es igual al reportado por Escalante-Estrada (2015), quienes no registraron diferencias estadísticas al comparar dos distancias de siembra, sin embargo, sus datos son inferiores a los registrados en este estudio.

Según Bonilla (1990), al ser citado por Aguilar (2015), la cantidad de granos por vaina se relacionan con la genética particular de cada variedad y es influenciada por las condiciones ambientales propias de cada región, siendo un indicador del efecto que ejerce el ambiente.

Los datos obtenidos son similares a los registrados por Smith y Zelaya (2005), quienes obtuvieron entre cinco y siete granos por vaina evaluando sistemas a doble surco, sin reportar diferencia estadística.

Rendimiento (kg ha⁻¹). Matías (1996) definió que la manipulación del número de plantas por unidad de área produce altos rendimientos de semillas, mejorando el manejo y facilitando la cosecha. Por lo que definir métodos de siembra y espacios adecuados entre surco y planta, se considera una práctica primordial.

Para Thung (1991) el rendimiento de un cultivo resulta de la interacción entre el ambiente y la administración del manejo agronómico del cultivo, y cuando ocurre de manera adecuada, permite que se exprese el potencial genético de producción.

Según Peralta (2000) el rendimiento es influenciado por diversas variables, entre ellas el número de flores, el número de vainas por planta y el número de granos por vaina, más el efecto que ejercen los factores ambientales. En un sistema de producción el rendimiento es un indicador que permite al productor evaluar su eficiencia productiva. Así

lo describe White (1985) al plantear que cuando existe un aumento en la cantidad de plantas cosechada, el rendimiento es mayor.

En la Figura 4 se observa que el rendimiento no difiere estadísticamente en relación con los dos sistemas de siembra.

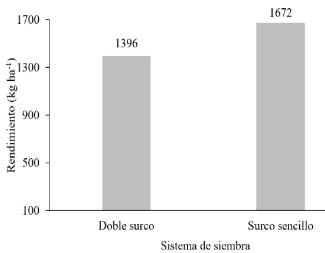


Figura 4. Rendimiento en kg ha⁻¹ por la influencia de los sistemas de siembra.

Los resultados en esta investigación no son diferentes a los reportados por Jiménez y Acosta (2013), quienes no registraron significancia estadística al comparar la siembra a surco sencillo (746 kg ha⁻¹) con la siembra a doble surco (758.7 kg ha⁻¹); rendimientos que son inferiores a los registrados en este estudio.

Se debe considerar algunas ventajas del sistema a doble surco, González et al. (2003) y Alves et al. (2008)

planean que cuando la distancia entre surcos es menor con igual distancia entre planta, se aumenta la cobertura vegetal, lo que permite una menor pérdida del agua por evaporación.

White e Izquierdo (1991) y Grafton *et al.* (1988) afirman que, para lograr un aumento en el rendimiento del cultivo de frijol, se deben implementar prácticas agrícolas adecuadas. En este caso, la reducción de las distancias entre surco o la siembra a doble surco.

El sistema de doble surco en la producción de semilla de frijol debe considerarse como una buena práctica agronómica, por las ventajas que ofrece, así lo plantea Luna (2005) al señalar que este sistema es una estrategia en la producción de semilla de frijol bajo sistema de riego, ya que permite hacer un uso más provechoso del agua, de los fertilizantes y otros insumos, debido a que se utiliza igual cantidad de éstos en un sistema con mayor densidad poblacional.

CONCLUSIONES

El comportamiento de los componentes del rendimiento y el rendimiento es estadísticamente igual en ambos sistemas de siembra, sin embargo se recomienda utilizar el sistema a doble surco en la producción de semilla de frijol bajo riego, como una estrategia para la obtención de excelentes rendimientos y por facilitar las labores de manejo agronómico.

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) que hizo posible la realización de la investigación en el Centro de Desarrollo Experimental de Frijol La Compañía, facilitando los insumos, herramientas y el personal de campo encargado del manejo agronómico del cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia para el Desarrollo Internacional. (1962). Mapa ecológico de Nicaragua, A.C. con la clave de clasificación de vegetales del mundo preparado por el Dr. L.R. Holdridge. Gobierno de los Estados Unidos de América.

Aguirre, R. y Peske, S. (1988). Manual para el beneficio de semillas. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnabe086.pdf

Alves, A. F., Andrade, M., Vieira, N. y Rezende, P. M. (2008). Grain yield of four new cultivars based on plant density. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative*, 51, 242-243. http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/115/115589012/html/

Artola Espinoza, A. (1990). Efecto de espaciamiento entre surco, densidad y control de malezas en el frijol común (Phaseolus vulgaris L.)

Var, Revolución 81. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. https://repositorio.una.edu.ni/1521/
Bonilla, J. A. (1990). Efecto de control de malezas y distancia de siembra sobre la cenosis de las malezas, crecimiento y rendimiento

del frijol común (Phaseolus Vulgaris L.). [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. https://repositorio.una.edu.ni/2512/

Calero, A., Castillo, Y., Quintero, E., Pérez, Y. y Olivera, D. (2018). Efecto de cuatro densidades de siembra en el rendimiento agrícola del frijol común (Phaseolus vulgaris L.). *Revista de la Facultad de Ciencias*, 7(1), 88-100. https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc. v7n1.67773

Carvalho, R. N., Peluzio, J. M., Barros, H. B., Fidelis, R. R. y Pereira, H. (2001). Comportamento de cultivares de soja em diferentes populações de plantas, em Gurupi, Tocantins. *Revista Ceres* 48(279), 529-537.

- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (2014). Claves para la taxonomía de suelos (Décima segunda edición). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales.
- Díaz, M. y Aguilar, F. (1984). Efecto de la densidad de siembra en la distribución de materia seca en la planta de frijol (Phaseolus Vulgaris L.). Turrialba, Costa Rica.
- Escalante-Estrada, J. E., Rodríguez-González, M. T. y Escalante-Estrada, Y. (2015). Nitrógeno, distancia entre surcos, rendimiento y productividad del agua en dos cultivares de frijol. *Bioagro*, 27(2), 75-82. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612015000200003
- Grafton, K. Y., Schneiter, A. A. y Nagle, B. L. (1988). Row spacing, plant population and genotype x row spacing interaction effects on yield and yield components of dry bean. *Agron.* 1(80), 631-634.
- González, S. E., Braud, I., Thony, J. L., Vauclin, M., Bessmoulin, P. y Calvet, J, C. A. (2003). Evidencia experimental de la reducción de la evaporación del suelo por la presencia de un lecho natural de residuos vegetales. Ingeniería Hidráulica en México. Vol. XVIII (4):34-42
- Guzmán Gómez, M. (2019). Rojo Extrema Sequía. Una variedad de frijol como respuesta al cambio climático en Nicaragua, año 2014-2018. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. http://apps.iica.int/pccmca/docs/MT%20Leguminosas/Martes%2030%20 abril/19-Rojo%20Extrema%20Sequia,%20Variedad%20Frijol.pdf
- Hakansson, S. (1983). Competition and production in short-lived cropweed stans. Density effects. Swed. University of Agriculture Science Report 127. Uppsala Sweden.
- Hernández Avendaño, L. G. y Barquero Narváez, E. I. (2003). Evaluación de 16 variedades de frijol común negro (Phaseolus vulgaris L.) en época de primera en La Compañía, Carazo. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraría]. Repositorio Institucional. https://repositorio.una.edu.ni/1862/1/tnf30b267.pdf
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Red de Innovación Agrícola y Cooperación Suiza en América Central. (2009). Guía técnica para el cultivo de frijol en los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del departamento de Boaco, Nicaragua. IICA-RED SICTA-COSUDE. http://repiica.iica.int/DOCS/B2170E/B2170E.PDF
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2005). *Clasificación climática según Koppen*. Dirección general de meteorología. https://www.enatrel.gob.ni/wp-content/uploads/2015/03/Mapas.pdf
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2018). Departamento de estadística y meteorología. INETER.
- Jiménez Galindo, J. C. y Acosta Gallegos, J. A. (2013). Efecto de la densidad simple y doble hilera en el rendimiento de frijol de temporal en Chihuahua, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(3), 393-407. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200709342013000300005&lng=es&tlng=es
- Joya, E. y Leiva, Z. (2006). Evaluación preliminar de 36 genotipos de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) en la época de postrera en la comunidad de Mancico, Somoto. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. https://repositorio. una.edu.ni/1995/
- Luna Vázquez, J. (2005). El cultivo de frijol de riego a doble hilera en el Altiplano Potosino. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi85q36wqT7AhWgwAIHHU_kDiwQFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.compucampo.com%2Ftecnicos%2Ffrijolriego-altiplanopotosino.pdf&usg=AOvVaw1zwV-nDMygIHRsJUDS943S
- Matías, C. (1996). Determinación del marco de siembra óptimo para la producción de semillas de Canavalia ensiformis. *Pastos y Forrajes*, 19(3). https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1006
- Moraga, P. y López, J. (1993). Efecto de sistemas de labranza, métodos de control de malezas y rotación de cultivos sobre la dinámica de las malezas, crecimiento, desarrollo y rendimiento de frijol común (Phaseolus Vulgaris L.) y soya (Glycine max L. Merr). [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. https://repositorio.una.edu.ni/1538/
- Moya, C., Elena-Mesa, M., Vizcaino, M., León, M. y Guevara, S. (2019). Comparación de seis variedades de frijol en el rendimiento y sus componentes en Chaltura, Imbabura, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 40(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362019000400001
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). La guía voluntaria para la formulación de políticas nacionales de semillas. FAO.
- Ortiz Aragón, A. N. y Larios González, R. C. (2020). Uso eficiente del agua en la producción de semilla de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) con sistema de riego por aspersión. *La Calera*, 20(35), 81-87. https://doi.org/10.5377/calera.v20i35.10302
- Ortiz Aragón, A. N. (2020) Láminas de riego y su efecto en la producción de semilla de frijol común en la estación experimental La Compañía, San Marcos, Carazo. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. https://repositorio.una.edu.ni/4103/

- Padilla, J. S., Ochoa, R., Acosta, E., Acosta, J. A., Mayek, N. y Kelly, J. D. (2003). Grain yield of earlyand late dry bean genotypes under rainfed conditions in Aguascalientes, México. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, 46, 89-90. https://naldc.nal.usda. gov/catalog/IND43757200
- Pavón T, J. C., Madero M, E. y Amézquita, E. (2010). Susceptibilidad del suelo a la degradación en parcelas con manejo agroforestal Quesungual en Nicaragua. *Acta agronómica*, 59(1), 46-55.
- Peralta Jarquín, M. A. (2000). Influencia de períodos de control de malezas sobre el crecimiento y rendimiento del frijol común (Phaseolus vulgaris L.) var. DOR-364. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. https://repositorio.una.edu. ni/1752/
- Ricaurte Oyola, J., Clavijo Michelangeli, J. A., Sinclair, T. R., Rao, I. M. y Beebe, S. E. (2016). Sowing Density Effect on Common Bean Leaf Area Development. *Crop Science*, *56*. https://doi.org/10.2135/cropsci2016.01.0056
- Sánchez Espinoza, J. A. y Rubiano Sanabria, Y. (2015). Procesos específicos de formación en andisoles, alfisoles y ultisoles en Colombia. Revista EIA, 7(12), 85-97. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372015000300008#:~:text=Los%20 procesos%20espec%C3%ADficos%20de%20formaci%C3%B3n,el%20Instituto%20Geogr%C3%A1fico%20Agust%C3%ADn%20 Codazzi
- Smith Morales, D. Y. y Zelaya Carrero, J. A. (2005). Evaluación agronómica de quince genotipos promisorios de frijol común de testa negra (Phaseolus vulgaris L.) en la estación experimental La Compañía, Carazo. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. https://repositorio.una.edu.ni/1979/
- Soltani, A., Robertson, M. J., Mohammad-Nejad, Y. y Rahemi Karizaki, A. (2006). Modeling chickpea growth and development: Leaf production and senescence. *Field Crops Research*. 99(1), 14–23. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.02.005
- Thung, M. (1991). Bean Agronomy in Monoculture. En Common Beans: Research for crop improvent. CIAT.
- Valle Hernández, O. A. (2013). Efecto de la fertilización orgánica y sintética sobre el rendimiento de grano de tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.), El Rincón, Darío-Matagalpa, primera, 2010. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Instituciona. https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf04v181.pdf
- White, J. (1985). Conceptos básicos de la fisiología del frijol. En: F. Fernández. y A. Schoonhoven (eds.). Frijol: Investigación y Producción. CIAT.
- White, J. e Izquierdo. (1991). Physiology of yield potential and stress tolerance. En Schoonhoven y Voyset. (eds.). *Common Beans: Research for crop improvement*. Redwood Press.

Identificación fenotípica y molecular de Burkholderia spp en panículas de arroz (Oryza sativa L.)

Fenotipic and molecular identification of Burkholderia spp in rice panicles (Oryza sativa L.)

Dagne Valeria Fornos Reyes¹, Norvin Josué Peralta Herrera², Isaías Ezequiel Sánchez Gómez³, Markelyn José Rodríguez Zamora4

- Graduada de la carrera de Ingeniería en Sanidad Vegetal, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1000-3590 / dfornosreyes@gmail.com
- ² Graduado de la carrera de Ingeniería en Sanidad Vegetal, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2803-1573 / norvinp24@gmail.com
- ³ MSc. en Sanidad Vegetal, Departamento de Protección Agrícola y Forestal, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6604-1660 / isanchez@ ci.una.edu.ni / sanchezgomezie@yahoo.es
- ⁴ MSc. en Sanidad Vegetal, Departamento de Protección Agrícola y Forestal, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6826-1897 / markelyn. rodriguez@ci.una.edu.ni

Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.



RESUMEN

La enfermedad conocida como Añublo bacteriano del arroz es causado por Burkholderia glumae, Burkholderia gladiolii y el Tizón de las plántulas de arroz causado por Burkholderia plantarii, son bacterias consideradas de importancia en el cultivo del arroz (Oryza sativa L.). Las afectaciones han aumentado en los últimos años causando grandes pérdidas económicas anuales en los países productores de este grano. El objetivo de esta investigación fue identificar mediante pruebas fenotípicas y molecular, especies de Burkholderia en panículas de arroz (Oryza sativa L.). La colecta de muestras se realizó en el municipio de Sébaco, Matagalpa en el Centro experimental TAI-NIC y Finca Virginia, también en la empresa Agrícola Miramontes del departamento de Boaco y Finca la Doña, municipio de Malacatoya, Granada. Las bacterias fueron aisladas a partir de panículas con síntomas de la enfermedad y la identificación de especies se realizó mediante pruebas bioquímicas (diferenciación y carbohidratos). La confirmación de las especies de Burkholderia se realizó mediante la técnica molecular PCR (Reacción en cadena de la polimerasa). Los aislados de B. gladiolii en el medio King B presentó colonias blancas grisáceas o amarillenta, produce el pigmento amarillo difuso no fluorescente, mientras B. plantarii mostraron colonias amarillas, traslúcidas y convexas, no fluorescentes, para el caso de B. cepacia las colonias fueron traslúcidas, convexas no fluorescentes. La identificación con pruebas bioquímicas demostró la presencia de 18 aislados positivos para B. gladiolii, dos aislados para B. plantarii y uno positivo a B. cepacia. Con la técnica PCR se identificaron 18 muestras positivas para B. gladiolii que amplificaron fragmentos de 479 pares de base

ABSTRACT

The disease known as bacterial blight of rice is caused by Burkholderia glumae, Burkholderia gladiolii and the blight of rice seedlings caused by Burkholderia plantarii, are bacteria considered important in rice cultivation (Oryza sativa L.). The effects have increased in recent years causing large annual economic losses in the countries that produce this grain. The objective of this research was to identify, through phenotypic and molecular tests, Burkholderia species in rice panicles (Oryza sativa L.). The collection of samples was carried out in the municipality of Sébaco, Matagalpa in the TAI-NIC Experimental Center and farm Virginia, Agricola Miramontes in the department of Boaco and farm La Doña, municipality of Malacatoya, Granada. Bacteria were isolated from panicles with symptoms of the disease and species identification was performed by biochemical tests (carbohydrates and differentiation). Confirmation of the Burkholderia species was carried out using the molecular technique PCR (Polymerase Chain Reaction). The isolates of B. gladiolii in the King B medium presented grayish white or yellowish colonies, producing the non-fluorescent diffuse yellow pigment, while B. plantarii showed yellow, translucent, and convex, non-fluorescent colonies, in the case of B. cepacia colonies were translucent, convex, non-fluorescent. Identification with biochemical tests showed the presence of 18 positive isolates for B. gladiolii, two isolates for B. plantarii and one positive for B. cepacia. With the PCR technique, 18 positive samples were identified for B. gladiolii that amplified 479 bp fragments and two positive samples for *B. plantarii* with 597 bp fragments. In the case of B. glumae, it was not identified by phenotypic or molecular tests.

Recibido: 17 de mayo del 2022 Aceptado: 8 de noviembre del 2022



y dos muestras positivas a *B. plantarii* con fragmentos de 597 pares de base, para el caso de *B. glumae* no fue identificada mediante prueba fenotípicas, ni molecular.

Palabras clave: Añublo bacterial, fragmento, grano, manchado.

Keywords: Bacterial blight, fragment, grain, weathered, spotted.

l añublo bacteriano causado por *Burkholderia* glumae, *Burkholderia* gladiolii y el tizón de las plántulas de arroz causado por *Burkholderia* plantarii, son consideradas enfermedades de importancia en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) por el aumento de afectaciones en los últimos años, causando grandes pérdidas económicas anuales en los países productores de este grano debido a la poca información de los productores respecto a su detección temprana, prevención y control de la enfermedad (Pedraza, 2012).

El género *Burkholderia* fue reportado y aislado por primera vez por Azegami *et al.* (1987) en distrito de Kyushu, Japón y desde entonces se ha reportado en importantes zonas productoras de arroz en todo el mundo como en China, Taiwán, Malasia, Las Filipinas, Indonesia, Venezuela, Panamá, Nicaragua, Colombia y Estados Unidos.

En fincas productoras de arroz severamente afectadas por la enfermedad alcanzan hasta 75 % de pérdidas de la producción debido a que las bacterias del género *Burkholderia* causan diversidad de daños como aborto floral, pudrición de panículas, vaneado de las vainas y caída del grano (Gañán, 2011).

Sotelo (2014) afirma que "la enfermedad se puede transmitir de forma directa a través de semillas, lotes infectados y malezas hospedera". En el año 2010 la Asociación Nacional de Arroceros de Nicaragua (ANAR), expresó su preocupación por los bajos rendimientos obtenidos en las cosechas y advirtieron sobre la presencia de la bacteria en sus campos.

La identificación del género *Burkholderia* se hace un poco difícil debido a que los métodos tradicionales se basan en características fenotípicas (pruebas bioquímicas, fisiología y morfología de las colonias), las que requieren un tiempo considerable; esto hace necesario el desarrollo de una prueba más rápida y específica para el diagnóstico temprano de la enfermedad. La técnica de Reacción en cadena de la polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés Polymerase Chain Reaction), es un método que permite una alta especificidad debido a que se usan cebadores específicos para este género, contribuyendo así a la toma de decisiones adecuadas para el manejo de la enfermedad y contrarrestar sus efectos en una etapa temprana.

En Nicaragua se conoce de afectaciones causadas por estas bacterias, sin embargo, no se ha estudiado su distribución y pérdidas económicas. Tampoco existen reportes de las cepas que atacan las diferentes zonas arroceras. El objetivo de esta investigación fue aportar información sobre la identificación mediante pruebas fenotípicas y moleculares de especies de

Burkholderia en panículas de arroz (Oryza sativa L.) con síntomas de enfermedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio. La identificación de especies de *Burkholderia* spp en panículas de arroz, se realizó en el laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria (UNA), ubicado en el km 12 carretera Norte, Managua.

Colecta de muestras. Las muestras de panículas se colectaron en la finca Virginia y en el Centro Experimental TAI-NIC (Taiwán-Nicaragua) del municipio de Sébaco, Matagalpa; también se colectaron muestras de la empresa arrocera Agrícola Miramontes S.A, ubicada en San Lorenzo, Boaco y la finca La Doña en el municipio de Malacatoya, Granada (Cuadro 1). Se realizaron muestreos dirigidos a plantas que presentaban panículas café, decolorada o vaneadas (Quesada-González y García-Santamaría, 2014) las muestras fueron colectadas durante la mañana y se trasladaron en bolsas Ziploc previamente rotuladas al laboratorio de microbiología de la UNA para el aislamiento de *Burkholderia* spp. El cultivo de las áreas muestreadas coincidió con las etapa de precosecha y cosecha, correspondiente a las fases fenológicas de espigamiento, en su fase final, y cosecha.

Cuadro 1. Sitios de colectas de muestras en fincas productoras de arroz

Lugar de colecta	Finca	Número de	Coordenadas geográficas
		muestras	
Sébaco, Matagalpa	Virginia	5	12°52'53" N 86°07'43" O
Sébaco, Matagalpa	Centro Experimental TAI-NIC	7	12°47'59" N 86°09'40" O
San Lorenzo, Boaco	Agrícola Miramontes	6	12°07'54" N 85°43'07" O
Malacatoya, Granada	La Doña	4	12°08′30" N 85°52′46" O

Aislamiento de *Burkholderia* spp. Se pesaron 0.5 g de granos de arroz con síntomas de vaneado y manchas, se desinfectaron con alcohol al 70 % por un minuto y se enjuagó con agua destilada sobre un vidrio reloj; se dejó secar sobre papel toalla. Posteriormente se colocaron en morteros para macerarlas con 10 ml de agua destilada estéril; luego con un asa redonda se tomó una pequeña muestra del macerado y se realizó rayado en cuatro cuadrantes del platos Petri con medio de cultivo King B (KB), Las placas se incubaron por 48 horas a temperatura de 30 °C, para observar el crecimiento de colonias circulares y convexas de color amarillento con halos blanquecinos (Quesada-González y García-Santamaría, 2014). Las bacterias sospechosas de *Burkholderia* spp fueron

reaisladas en medios de cultivo King B para obtener colonias puras.

Identificación mediante pruebas fenotípicas. Las colonias bacterianas con características de crecimiento de *Burkholderia* spp en el medio de cultivo King B (KB) se les realizó pruebas bioquímicas de crecimiento a pH 4, crecimiento a 40 °C, crecimiento en 3 % de NaCl e hidrólisis de gelatina, además de observación de pigmentos en medios de cultivo King B y la utilización de carbohidratos adonitol y sacarosa (Schaad *et al.*, 2001) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características usadas en la identificación de especies de Burkholderia spp

er 25 (3)		Pruebas bio		Carbohidratos		
Especies de Burkholderia	C. 40 °C	C. 3 % NaCl	C. pH 4	H. de gelatina	Adonitol	Sacarosa
andropogonis	-	ND	ND	+	+	-
gladiolii pv agaricico	ND	ND	+	+	+	+
caryophylii	+	-	-	-	+	+
glumae	+	+	-	+	+	
gladiolii	+	-	+	V	+	V
plantarii	+	-	+	+	-	V
cepacia	+	V	+		+	+

+: Reacción positiva; -: Reacción negativa; ND: No Determinado; V: Entre 21 % - 79 % de aislados positivos; C. 40 °C: Crecimiento a 40 °C; C. 3 % NaCl: Crecimiento en cloruro de sodio al 3 %; C. pH 4: Crecimiento en pH 4; H de gelatina: Hidrolisis de gelatina (Schaad, 2001).

Extracción de ADN de Burkholderia spp. La extracción de ADN de los aislados bacterianos se realizó con el protocolo Doyle y Doyle, (1987); para tejido vegetal que consiste en adicionar 500 µl de solución de lisis e incubar a 65 °C en el baño maría durante 30 minutos, posteriormente se adicionó 3 µl de enzima RNasa para ser incubado a 37 °C por 30 minutos, luego se le agregó 200 µl de solución CTAB (Cetiltrimetilamonio Bromuro) y se procedió a incubar a 65 °C 30 minutos, después se procedió a centrifugar a 13 000 rpm por tres minutos, se transfirió el sobrenadante en un vial de 1.5 ml y se le adicionó 250 µl de Isopropanol, se incubó en hielo por cinco minutos y centrifugó a 13 000 rpm por dos minutos, se procedió a desechar el sobrenadante y adicionar 200 µl de etanol al 70 % y centrifugar a 10 500 rpm durante cinco minutos; se dejó secar sobre papel toalla y se hidrató con 50 μl de agua libre de nucleasa (Takeuchi et al., 1997).

Amplificación por técnica PCR Punto Final. La amplificación de la PCR se realizó con cebadores GL13f (3'ACACGGAACACCTGGGTA5') y GL 14r (5'5TCGCTCTCCCGAAGAGAT3') para *B. glumae;* el programa utilizado fue de 94 °C por 2.5 minutos (desnaturalización inicial), seguido de 35 ciclos a 94 °C por un minuto (desnaturalización), 60 °C por un minuto (anillamiento), 72 °C por dos minutos (extensión), 72 °C por

cinco minutos (extensión final), finalizando el programa a 4 °C por diez minutos (Takeuchi *et al.*,1997).

utilizaron cebadores específicos como Fglu 3'GAAGTGTCGCCGATGGAG5' Rglu У 5'CCTTCACCGACAGCACGCAT3' glumae, para В. 3"TCGAGCTGGCTGCGCCTC5" Fpla Rpla 5'GTCGTCGCCCGAGGTCTCG3' В. para plantarii, Fgla 3'CTGCGCCTGGTGGTGAAG5' Rgla У CCGTCCCGCTGCGGAATA para B. gladiolii, cada uno en un volumen final de 25 µl que contenía master mix 12.5 µl,

cebadores delantero y reverso 1µl respectivamente, DNA 0.5 µl y 10 ul de agua libre de nucleasa. Los productos PCR se amplificaron en un termociclador (Eppendorf); para B. plantarii fue 94 °C por tres minutos (desnaturalización inicial), seguido de cuarenta ciclos a 94 °C por 45 segundos (desnaturalización), 57.3 °C por 45 segundos (anillamiento), 72 °C por un minuto (extensión) y 72 °C por siete minutos (extensión final), finalizando el programa a 4 °C por 10 minutos (enfriamiento); para B. gladiolii fue 94 °C por tres minutos (desnaturalización inicial), seguido de cuarenta ciclos a 94 ºC por 45 segundos (desnaturalización),

54.7 °C por 45 segundos (anillamiento), 72 °C por un minuto (extensión) y 72 °C por siete minutos (extensión final), finalizando el programa a 4 °C por 10 minutos (enfriamiento). Los productos fueron analizados mediante electroforesis en geles de agarosa al 1.6 % teñidos con gel red, donde la amplificación de un fragmento de tamaño de 597 pares de bases (pb) se considera positivo para *B. plantarii*, 479 pb para *B. gladiolii* y 529 pb para *B. glumae* (Maeda *et al.*, 2006).

Análisis de datos. Los datos fueron ingresados a una hoja de cálculos de Microsoft Excel 2016, donde se determinó la frecuencia de aparición de las bacterias identificadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación fenotípica de *Burkholderia* spp. Se obtuvieron 18 aislados de *B. gladiolii* que presentaron colonias de color amarillo, de forma convexa y mucoide, con la presencia del pigmento difusible (Figura 1A) y manifestaron reacciones positivas a las pruebas de crecimiento a 40 °C, crecimiento pH 4, hidrólisis de gelatina y crecimiento en NaCl, reacciones negativas a sacarosa y adonitol positivo; y dos aislados de *B. plantarii* con colonias de color amarillo, traslúcidas, de forma convexa (Figura 1B) que manifestaron reacciones positivas a las pruebas de sacarosa, crecimiento a 40 °C, hidrólisis de gelatina, crecimiento en NaCl y negativo a adonitol; con

crecimiento pH 4 negativo (Cuadro 3). Se encontró un aislado de *B. cepacia* la cual presentó colonias no fluorescentes de color blanco, mucoide (Figura 1C) con reacciones positivas a sacarosa, adonitol, crecimiento pH 4, crecimiento en NaCl, crecimiento a 40 °C e hidrolisis de gelatina. Los aislados sospechosos de *B. glumae* no manifestaron las reacciones para determinar su presencia en las muestras de panículas de arroz.

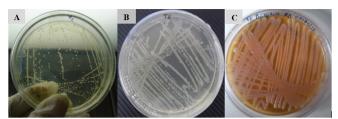


Figura 1. Aislados de *B. gladiolii* (A), *B. plantarii* (B) y *B. cepacia* (C) a partir de panículas de arroz en medio de cultivo King B.

Cuadro 3. Pruebas bioquímicas en especies de *Burkholderia* aisladas de panículas de arroz

Código	Sac	Ado	C. 40 °C	C. pH 4	C. NaCl	H. Gel	Bacteria identificada
D_1I		+	+	+	+	+	B. gladiolii
	-					-	
D_1II	-	+	+	+	+	-	B. gladiolii
D_3II	+	+	+	+	+	+	B. gladiolii
D_3II	+	+	+	+	+	+	B. gladiolii
D_4II	+	+	+	+	+	+	B. gladiolii
M_1II	+	+	+	+	+	-	B. gladiolii
M_4II	+	+	+	+	+	-	B. gladiolii
M_1II	+	+	+	+	+	-	B. gladiolii
D_2II	-	+	+	+	+	+	B. gladiolii
D_2I	-	+	+	+	+	+	B. gladiolii
M_6II	+	+	+	+	+	+	B. gladiolii
M_3I	+	+	+	+	+	-	B. gladiolii
M_2I	-	+	+	+	+	+	B. gladiolii
M_5II	+	+	+	+	+	+	B. gladiolii
$V_1 II$	+	+	+	+	+	-	B. gladiolii
T_6	+	+	+	-	+	+	B. plantarii
T_2	-	+	+	+	+	-	B. gladiolii
T ₅	-	+	+	-	+	+	B. plantarii
V_5	-	+	+	+	+	-	B. gladiolii
V_2		+	+	+	+	-	B. gladiolii
T ₆ Col-2	+	+	+	+	+	-	B. cepacia

Sac: Sacarosa; Ado: Adonitol; C. 40 °C: Crecimiento a 40 °C; C. pH 4: Crecimiento en pH 4; C. 3 % NaCl: Crecimiento en cloruro de sodio al 3 %; H. gel: Reacción en hidrolisis de gelatina; M: Miramonte; D: Finca La Doña; T: TAI-NIC; V: Finca Virginia; 1...6: Número de muestra; I, II: Número de placa; Col: Colonia.

Sotelo, (2014) afirma que las colonias de *B. glumae* son de color blanco grisáceo o amarillento, fluorescente debido a la producción de la fitotoxina toxoflavina; Moreira (2014) caracteriza las colonias de *B. glumae* y *B. gladiolii* de color blanco grisáceo o amarillento, mucoide y de forma convexa debido a la producción de la fitotoxina toxoflavina, considerado un importante factor de virulencia para causar

pudrición, reduce el crecimiento de hojas y raíces de plántulas de arroz, son pectolíticas y capaces de inducir la reacción de hipersensibilidad en las hojas de tabaco. *B. glumae* y *B. gladiolii* presentan síntomas y características en común como la producción de toxoflavina, la pigmentación de las colonias entre otras; pero su diferencia está en que *B. glumae* es más virulenta y agresiva en comparación con *B. gladiolii*.

Azegami et al. (1987) aisló y reportó a B. plantarii como la causante del tizón de las plántulas de arroz, clasificada como Pseudomonas plantarii en 1987. Urakami et al. (1994) comprobó que B. plantarii está estrechamente relacionada con B. glumae, que es un importante patógeno del arroz que produce la sustancia conocida como tropolona; sin embargo B. plantarii se caracteriza, por provocar clorosis en la parte basal de las hojas, seguido del pardeamiento y marchitamiento de las plantas, pero éstas no se pudren. A pesar de que existe información de esta especie no se ha informado de estudios genéticos y moleculares sobre la virulencia de esta sobre las plantas de arroz.

Araque (2008), afirma que *B. cepacia* pertenece al grupo de bacilos aerobio no fermentadores, aerobio; cuya temperatura óptima de crecimiento es de 30 °C a 35 °C. Crece en medios de cultivo generales como: agar nutritivo y en medios selectivos como agar MacConkey y agar King B. Es no fluorescente de color verde-amarillenta, y pigmentos de color marrón, rojo o púrpura. Estos pigmentos no se difunden hacia la superficie del medio de cultivo, están solo presentes en las colonias.

Identificación molecular de *Burkholderia* spp. Los 18 aislados identificados como *B. gladiolii* mediante pruebas bioquímicas, fueron sometidos a la técnica PCR, para su confirmación obteniendo como resultado 18 muestras positivas con tamaños de fragmentos de 479 pares de bases (Figura 2). En el caso de dos aislados identificados con pruebas bioquímicas como *B. plantarii*, en la técnica PCR el resultado fue positivo con amplificación de fragmentos de tamaño aproximado de 597 pb (Figura 3)

Los resultados de esta investigación sugieren que la identificación por pruebas fenotípicas continúa siendo útil para la identificación de patógenos, aunque demandan mayor tiempo para la obtención de resultados, a diferencia de la PCR, donde los resultados son obtenidos en menor tiempo, pero requiere mayor inversión económica. Los aislados de *B. gladiolii* fueron identificados por pruebas fenotípicas y técnica PCR en las cuatro fincas donde se realizó la colecta de panículas de arroz (Centro experimental TAI-NIC, Virginia, La Doña y Agrícola Miramontes), mientras que *B. plantarii* fue colectada únicamente en dos muestras del Centro experimental TAI-NIC.

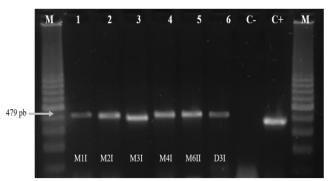


Figura 2. Amplificación de *B. gladiolii* a partir de colonias bacterianas aisladas de panículas de arroz. M: Marcador de peso molecular de 100 pb; 1-6: Muestras positivas para *B. gladiolii*; C-: Control negativo; C+: Muestra control positivo.

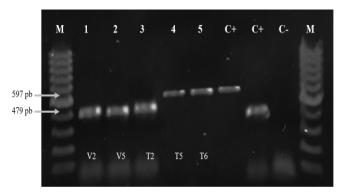


Figura 3. Amplificación de *B. gladiolii* y *B. plantarii* a partir de colonias bacterianas aisladas de panículas de arroz. M: Marcador de peso molecular de 100 pb; 1-3: Muestras positivas para *B. gladiolii*; 4-5: Muestra positiva para *B. plantarii*; C+: Muestra control positivo *B. plantarii* y *B. gladiolii*; C-: Control negativo.

Los resultados obtenidos coinciden con los de Maeda et al. (2006) quienes obtuvieron bandas de 479 pb para B. gladiolii, 597 pb para B. plantarii. Se conoce muy poco de la ecología y mecanismo de patogenicidad de B. gladiolii en las plantas de arroz, además, de la actividad antagónica de B. gladiolii sobre B. glumae y B. plantarii en arroz. Esto nos muestra que conocer sobre la ecología de B. gladiolii facilitaría no solo el desarrollo de sistemas de manejo, sino también, una comprensión más amplia de la ecología de B. glumae y B. plantarii en plantas de arroz.

Nandakumar *et al.* (2009), utilizó cebadores específicos para detectar e identificar *B. glumae* y *B. gladiolii*, sus resultados demostraron que estas especies bacterianas fitopatógenas, fueron las más importantes y comúnmente aisladas del arroz marchito en panículas recolectados en áreas arrocera del sur de los Estados Unidos.

El añublo bacterial de la panícula de arroz, es una enfermedad que ha adquirido gran importancia, ya que representa una amenaza en la producción de arroz, por esto, es de gran relevancia identificar las especies de *Burkholderia* responsables de enfermedades para prevenir la entrada y desarrollo del patógeno en los campos arroceros evitando así la propagación y las pérdidas económicas en campo.

CONCLUSIONES

Según características fenotípicas se identificaron las especies de *Burkholderia gladiolii*, *Burkholderia plantarii* y *Burkholderia cepacia* en panículas de arroz y con la técnica PCR Punto Final se confirmó la presencia de *B. gladiolii* y *B. plantarii*, estos resultados nos indican que por métodos fenotípicos y moleculares se puede identificar las especies de *Burkholderias* que ocasionan daños en el cultivo de arroz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araque, Y. (2008). Estudio Fenotípico y Molecular del Complejo Burkholderia cepacia y Generos Relacionados. [Tesis de Doctorado, Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela] http://bdigital.ula.ve/storage/pdftesis/postgrado/tde_arquivos/23/TDE-2011-02-15T20:51:30Z-589/Publico/araqueyasmira.pdf

Azegami, K., Nishiyama, K., Watanabe, Y., Kadota, I., Ohuch, A., & Fukazawa, C. (1987). Pseudomonas plantarii sp. nov., the Causal Agent of Rice Seedling Blight. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 37(4), p. 475–475. https://doi.org/10.1099/00207713-37-4-475

Doyle, J. J., & Doyle, J. L. (1987). A rapid DNA insolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin*, *19*(1), p. 11–15. https://webpages.uncc.edu/~jweller2/pages/BINF8350f2011/BINF8350_Readings/Doyle_plantDNAextractCTAB_1987. pdf

Gañán, L. (2011). Manejo Integrado del añublo bacterial de la panicula del arroz (Oryza sativa L.) causado por Burkholderia glumae. *Una revisión, Agronomía Mesoamericana, 19*(2), p. 79–90.

Maeda, Y., Shinohara, H., Kiba, A., Ohnishi, K., Furuya, N., Kawamura, Y., Ezaki, T., Vandamme, P., Tsushima, S., & Hikichi, Y. (2006). Phylogenetic study and multiplex PCR-based detection of Burkholderia plantarii, Burkholderia glumae and Burkholderia gladiolii using gyrB and rpoD sequences. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 56(5), 1031–1038. https://doi.org/10.1099/ijs.0.64184-0

Moreira, D. (2014). Detección de Burkholderia spp Asociadas a Semillas de Arroz Nacionales e Importadas. [Tesis de Maestria, Universidad Federal de Rio Grande del Sur, Puerto Alegre, Brasil.]

CIENCIA DE LAS PLANTAS

- Nandakumar, R., Shahjahan, A., Yuan, X., Dickstein, E., Groth, D., Clark, C., Cartwright, R., & Rush, M. (2009). Burkholderia glumae and B. gladioli cause bacterial panicle blight in rice in the Southern United States. *Plant Disease*, 93(9), 896-905. https://doi.org/10.1094/PDIS-93-9-0896
- Pedraza, D. (2012). Estado del arte de Burkholderia glumae como Patogeno de Cultivos de arroz (Oryza sativa L.). [Tesis de Licenciatura, Pontifica Universidad Javeriana, Bogota]
- Quesada-González, A., y García-Santamaría, F. (2014). Burkholderia glumae en el cultivo de arroz en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), p. 371–381. https://doi.org/10.15517/am.v25i2.15452
- Schaad, N. W., Jones, J. B., & Chun, W. (2001). Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria. *Journal of Analytical Psychology*, 50(3), p. 812–814. https://doi.org/10.1111/j.0021-8774.2005.00541.x
- Sotelo, C. (2014). Identificación Molecular de Burkholderia glumae, causante del añublo bacterial, en cinco zonas arroceras de Nicaragua. [Tesis de ingenieria, Universidad Nacional Agraria, Managua]
- Takeuchi, T., Sawada, H., Suzuki, F., & Matsuda, I. (1997). Specific Detection of Burkholderia plantarii and Burkholderia glumae by PCR Using Primers Selected from the 16S-23S rDNA Spacer Regions. *Japanese Journal of Phytopathology*, 63(6), p. 455–462. https://doi.org/10.3186/jjphytopath.63.455
- Urakami, T., Ito-Yoshida, C., Araki, H., Kijima, T., Suzuki, K. I., & Komagata, K. (1994). Transfer of Pseudomonas plantarii and Pseudomonas glumae to Burkholderia as Burkholderia spp and description of Burkholderia vandii sp. nov. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 44(2), p. 235–245. https://doi.org/10.1099/00207713-44-2-235



Estilos de aprendizaje de los estudiantes del área funcional preparatoria para la formación en ciencias agrarias y ambientales basados en el modelo de Kolb

Learning styles of students in the preparatory functional area for training in agricultural and environmental sciences based on Kolb's model

David Ernesto Peñalba Berríos

MSc. en Entornos Virtuales de Aprendizaje. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9879-3226 david.penalba@ci.una.edu.ni Sede Regional Camoapa, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua



RESUMEN

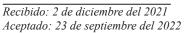
Los estilos de aprendizaje se refieren a cómo los aprendices perciben, interaccionan con y responden al entorno de aprendizaje, como resultado de la herencia, las experiencias vitales propias y las exigencias del medio actual; también al comportamiento afectivo, cognitivo y fisiológico característico. Esta investigación tiene como objetivo identificar los estilos de aprendizaje que muestran los estudiantes del "área funcional preparatoria para la formación en ciencias agrarias y ambientales" de la UNA Sede Camoapa, impartido en la modalidad presencial. Se sustenta en el modelo teórico de Kolb y sigue una metodología de investigación cuantitativa – descriptiva. El análisis se aborda a partir de la aplicación del instrumento Test de estilos de aprendizaje de Kolb a sesenta estudiantes de primer ingreso del año 2020. Entre los resultados se encontró que el estilo de aprendizaje predominante de los estudiantes es el asimilador, caracterizado por su pensamiento en forma secuencial, análisis y síntesis de información, y su sistema de valores premia la lógica y la racionalidad. Como los estudiantes aprenden con más efectividad cuando se les enseña mediante diferentes estrategias pedagógicas basadas en sus estilos de aprendizaje predominantes, a los docentes les corresponde estructurar situaciones de aprendizaje que sean coherentes con todos los estilos.

Palabras clave: educación, activos, teóricos, reflexivo, pragmático.

ABSTRACT

Learning styles refer to how learners perceive, interact with and respond to the learning environment, as a result of heredity, their own life experiences and the demands of the current environment; also to the characteristic affective, cognitive and physiological behavior. The objective of this research is to identify the learning styles shown by the students of the "preparatory functional area for training in agricultural and environmental sciences" of the UNA Camoapa Campus, taught in the face-to-face modality. It is based on Kolb's theoretical model and follows a quantitativedescriptive research methodology. The analysis is approached from the application of the Kolb Learning Styles Test instrument to sixty first-year students of the year 2020. Among the results, it was found that the predominant learning style of the students is the assimilator, characterized by their thought. sequentially, analysis and synthesis of information, and its value system rewards logic and rationality. Since students learn more effectively when they are taught using different pedagogical strategies based on their predominant learning styles, it is incumbent on teachers to structure learning situations that are consistent with all styles.

Keywords: Education, active, theoretical, reflective, pragmatic.





os estilos de aprendizaje son de mucha ayuda en el momento de la planificación de acciones metodológicas; los estudiantes esperan un ambiente centrado en su aprendizaje, acorde a sus estilos preferentes de aprender.

Varios modelos se han desarrollado para entender y evaluar los estilos individuales de aprendizaje y sus dimensiones, Grasha (1996) los define como "cualidades personales que influyen en las habilidades de los estudiantes para adquirir información, interactuar con iguales y el maestro, permitiendo participar en experiencias de aprendizaje" (p. 41). Por su parte, Dunn (1984) los describe como los modos en que un individuo "absorbe y retiene información o habilidades" (p. 12). Por lo que para Romero *et al.* (2010) "por muchos años, cierta clase de investigaciones se han estado llevando a cabo para explicar cómo estas diferencias individuales operan" (p. 7).

Los estilos de aprendizaje son fortalezas y preferencias distintivas que permiten trabajar tareas intelectuales y psicológicas de modos específicos y diversos. Esto significa que los estudiantes reciben información de diferentes maneras, con estas construyen interpretaciones del mundo, basados en sus experiencias e interacciones individuales, las que tienden a procesan de manera diferente según su preferencia, hasta lograr la comprensión a diferentes niveles.

Los investigadores educativos han estado preocupados con las implicaciones de los estilos de aprendizaje para la instrucción por muchas décadas (Romero *et al.*, 2010, p.8); de ahí la importancia y variedad de estudios que existen sobre los estilos de aprendizaje, así como los modelos que han surgido de estas investigaciones.

Por lo tanto, la trascendencia de los estilos de aprendizaje de los estudiantes en el diseño de los cursos ha de tomarse en cuenta como un factor clave. Ello puede mejorar el desempeño de los estudiantes, si éstos y los facilitadores mismos conocen sus preferencias cognitivas y orientaciones psicológicas.

Esta investigación, con base en el modelo experiencial de Kolb (1984), busca identificar los estilos de aprendizaje, de los estudiantes del "área funcional preparatoria para la formación en ciencias agrarias y ambientales", de la UNA Sede Camoapa, para presentar diferentes estrategias pedagógicas, que favorecen el proceso de enseñanza-aprendizaje; que se justifica por ser uno de los más conocidos y aplicados en el desarrollo de competencias.

METODOLOGÍA

La investigación fue realizada en la Universidad Nacional Agraria (UNA) Sede Camoapa, ubicada el municipio de Camoapa, departamento de Boaco. La ciudad de Camoapa está ubicada a 115 km de la capital Managua, 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.

La UNA Sede Camoapa funciona desde mayo de 1993 impartiendo las carreras profesionales: Ingeniería Agronómica y Medicina Veterinaria en modalidad presencial; Ingeniería Agronómica, Licenciatura en Computación y Administración de Empresas en modalidad semipresencial. Actualmente cuenta con una matrícula de 214 estudiantes en modalidad presencial y 217 en modalidad semipresencial, para un total de 431 estudiantes.

Los estudiantes en la modalidad presencial inician con un semestre común denominado "área funcional preparatoria para la formación en ciencias agrarias y ambientales", en el que se imparten cinco módulos: Química aplicada a las ciencias agrarias y ambientales, Biología aplicada a las ciencias agrarias y ambientales, Habilidades comunicativas, Habilidades numéricas y Uso de las TIC; siendo los estudiantes de este semestre común el objeto de este estudio.

La investigación es cuantitativa - descriptiva, el enfoque cuantitativo usa la recolección de datos y se fundamenta en la medición de conceptos a través de procedimientos estandarizados y analizados por medio de estadística descriptiva, para establecer patrones de comportamiento.

Participaron 60 estudiantes voluntarios, correspondientes al 83 % del total de estudiantes de primer ingreso del año 2020, la recolección de datos se realizó en un momento único a través del instrumento Test de estilos de aprendizaje de Kolb, que permite identificar las características personales y la forma en cómo un estudiante procesa la información, está compuesto por 12 preguntas tipo escala Likert.

Cada pregunta tuvo cuatro opciones de respuestas que el estudiante ordena según cree le describen mejor; a estas opciones se les asigna un puntaje en el rango 4 a 1, poniendo en primer lugar la respuesta más acertada y en último lugar la menos acertada. El instrumento fue completado por los estudiantes en un tiempo promedio de doce minutos.

Una vez recopilado el instrumento, se procedió a la elaboración de una base de datos, para su posterior procesamiento y análisis estadístico. Los datos recolectados fueron ordenados, clasificados y analizados a través de estadística descriptiva utilizando el programa Microsoft Excel, que permite el análisis de la media, desviación y varianza de los datos, así como representarlos mediante distribuciones de frecuencias y gráficas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es comprensible que las personas poseen diversas formas de darle significado a las cosas en función de sí mismas; por eso se aprende de manera diferente. En el proceso de aprendizaje los estudiantes asumen un papel activo, aprenden de diferentes maneras, tienen preferencias y modos individuales de percibir y procesar la información. Estas preferencias individuales son llamadas estilos de aprendizaje.

En este sentido, Vergara (2015) señala que el modelo de aprendizaje desarrollado por Kolb en 1984 denominado Learning Style Inventory (LSI) [Inventario de estilo de aprendizaje por su traducción al español], toma como eje central la experiencia directa del estudiante, argumentando que para aprender es necesario disponer de cuatro capacidades básicas: Experiencia Concreta (EC), Observación Reflexiva (OR), Conceptualización Abstracta (CA) y Experimentación Activa (EA).



Figura 1. Modelo de aprendizaje Learning Style Inventory (LSI). Fuente: Kolb (1984, p. 15).

Kolb (1984) afirma que, de la combinación de las cuatro capacidades básicas, surgen cuatro estilos de aprendizaje: divergente (concreto y reflexivo), asimilador (abstracto y reflexivo), convergente (abstracto y activo) y acomodador (concreto y activo); que son modos relativamente estables y de acuerdo con ellos, los individuos adquieren y procesan la información para actuar y resolver problemas.

otras personas; cómodo con la gente.

Cuadro 1. Los estilos de aprendizaje y sus características generales Estilos de aprendizaje Características Divergente Agilidad imaginativa, visualiza situaciones concretas de diversas perspectivas, formula ideas, emotivo (a), y se interesa por las personas. Asimilador Habilidad para crear modelos teóricos, razonamiento inductivo; le interesan menos las personas y más los conceptos abstractos. Convergente Aplicación práctica de las ideas, pruebas de inteligencia de una contestación; soluciona un problema o pregunta; razonamiento hipotético deductivo; poco emotivo(a); prefiere los objetos a las personas. Acomodador Llevar a cabo planes; involucrarse en experiencias nuevas; arriesgado (a) e intuitivo (a); depende de

Fuente: Kolb (1984a).

Para que ocurra el aprendizaje son necesarias dos dimensiones: la primera es descrita como percepción del medio y la segunda, como procesamiento. De acuerdo con cada estilo de aprendizaje, algunos estudiantes prefieren determinar un plan detallado antes de comenzar un módulo específico, mientras que otros optan por actuar a la primera idea que se les presente y ver a dónde lleva ésta.

Algunos eligen concentrarse en los datos, hechos, y procedimiento, mientras que otros descansan más en las teorías y modelos matemáticos. Algunos perciben información con mayor efectividad cuando ésta se presenta en forma visual (imágenes, fotos, diagramas, gráficas o demostraciones), mientras que otros responden mejor a la información verbal (sonidos y palabras expresadas o fórmulas).

En esta investigación se confirma que no son privilegiados todos los estilos de aprendizaje, los estudiantes del área funcional preparatoria para la formación en ciencias agrarias y ambientales se inclinan por el estilo de aprendizaje asimilador (mayor porcentaje) seguido del estilo divergente y en menor grado el estilo acomodador y el estilo convergente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estilos de aprendizaje de los estudiantes según inventario

Estilos de aprendizaje	Frecuencia de	Porcentaje de	Porcentaje
	estudiantes	estudiantes	acumulado
Divergente	16	26.67	26.67
Asimilador	27	45.00	71.67
Convergente	8	13.33	85.00
Acomodador	9	15.00	100.00
Total	60	100	-

El análisis global de los resultados indica que los estudiantes del "área funcional preparatoria para la formación en ciencias agrarias y ambientales" tienden a utilizar el estilo de aprendizaje asimilador, con diferencias significativas al resto de estilos.

Es decir, son personas equilibradas, coherentes, estructuradas, serias, lógica, buscan conclusiones e ideas claras, aprenden mejor a partir de modelos, teorías, sistemas con ideas y conceptos que presenten un desafío; cuando tienen oportunidad de preguntar e indagar. En cambio, les cuesta ser espontáneos, asumir nuevos retos, participar en situaciones donde predominan emociones y sentimientos, en actividades

que impliquen ambigüedad e incertidumbre, cuando tienen que actuar sin un fundamento teórico.

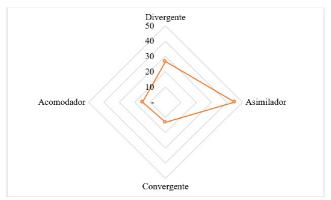


Figura 2. Porcentaje de estudiantes según estilos de aprendizaje.

Los diferentes estilos de aprendizaje del modelo de Kolb corresponden a:

Estilo de aprendizaje asimilador (alumno teórico). Se caracterizan porque privilegian la conceptualización, son expertos en áreas de abstracción, además de la observación reflexiva, ya que es llevada más hacia las ideas y los conceptos; buscan crear modelos y valorar la coherencia. Suelen estar más interesados en las ideas abstractas y no tanto en las personas, no se preocupan mucho por las aplicaciones prácticas de las teorías; disfrutan del trabajo que implica la planificación y la investigación.

Estilo de aprendizaje divergente (alumnos activos). Funcionan bien en escenarios que exigen producción de ideas. También incluye aspectos relacionados con las actividades y resultados en los cuales se evidencia este estilo en los estudiantes. Estos se caracterizan por un buen desempeño en actividades de experimentación concreta y observación reflexiva; una de las fortalezas de esta tipificación es la capacidad imaginativa, es decir, la facilidad de responder a situaciones concretas desde variadas perspectivas.

Estilo de aprendizaje acomodador (alumno pragmático). Se caracterizan por un buen desempeño en actividades de experimentación concreta y activa, por su habilidad para adaptarse e involucrarse en situaciones nuevas; se sienten cómodos con las personas; son intuitivos, observadores, pragmáticos y relaciones contenidos; son imperimetivos y

adaptarse e involucrarse en situaciones nuevas; se sienten cómodos con las personas; son intuitivos, observadores, pragmáticos y relacionan contenidos; son imaginativos y emocionales; prefieren estrategias metodológicas como trabajar en grupo, ejercicios imaginativos, trabajos de expresión artística, leer y discutir temáticas, realizar gráficos ilustrativos y entrevistas.

Estilo de aprendizaje convergente (alumno reflexivo). Responde a un grupo de estudiantes que privilegian la conceptualización abstracta (CA) y experimentación activa (EA). Estos estudiantes se caracterizan por desempeñarse mejor en las pruebas que requieren respuesta o solución concreta, por organizar sus conocimientos usando un razonamiento hipotético deductivo, y por orientarse más por las cosas que por las personas. Ellos funcionan bien en proyectos prácticos, clasificación de información y ejercicios de memorización.

Estas tendencias impulsan propuestas educativas adecuadas a los procesos de aprendizaje, se considera que cuando el docente diseña estrategias de enseñanza de acuerdo con los estilos preferenciales de sus estudiantes, se facilita el proceso de aprendizaje (Aguirre, 2019, p.113).

CONCLUSIONES

En lugar de usar estrategias rígidas, ofrecer estrategias adecuadas a los cuatro estilos de aprendizaje, facilitando las tareas académicas planteadas.

No todos los estudiantes aprenden de la misma manera, hay quienes llevan años intentando aprender con estrategias que no encajan con su estilo de aprendizaje predominante; como consecuencia algunos interrumpen la continuación de sus estudios.

El docente preocupado por mejorar su práctica educativa debe cuidar la desmotivación de los estudiantes causada por un estilo de enseñanza inadecuado a sus estilos de aprendizajes, cuyo resultado más allá de desmotivarlos los lleva a incongruencias entre los resultados y las propias acciones; más bien hay que potenciar sus reflexiones previas anticipando problemas y consecuencias de las ideas expresadas.

Algunas estrategias para desarrollar el aprendizaje en estudiantes con estilo asimilador, podrían ser la organización de información, elaboración de teorías e ideas, diseño de experimentos y análisis de datos. Planificar estrategias como la lluvia de ideas, búsqueda de información y el juego de roles, beneficiarían grandemente a estudiantes con estilo divergente.

Para estudiantes en los que predomina el estilo acomodador, el involucrarse en trabajo de equipo, la búsqueda de oportunidades y la resolución de ejercicios prácticos, traerá buenos resultados. A su vez se requiere fomentar la búsqueda de soluciones, toma de decisiones y proponer ejercicios prácticos, como estrategias para quienes predomina el estilo convergente.

Se sientan las bases para investigar en el futuro si existe relación entre los estilos de aprendizaje predominantes de los estudiantes y el modelo pedagógico de la Universidad Nacional Agraria, y de ser necesario buscar los mecanismos para una integración acorde con los estilos de aprendizaje de los estudiantes, a fin de mejorar los procesos pedagógicos propuestos en cada uno de los módulos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre, C. (2019). Estrategias de aprendizaje de la gestión de riesgos a partir de los estilos de aprendizaje de estudiantes de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. *La Calera. 19*(33), 111-116.

Dunn, R. (1984). Learning styles: State of the science. *Theory Into Practice*, 23(1), 10-19. https://www.jstor.org/stable/pdf/1476733. pdf

Grasha, A. (1996). Teaching with style. Pittsburgh, PA: Alliance Publishers.

Kolb, D. (1984). Experiential learning experiences as the source of learning development. Nueva York: Prentice Hall.

Kolb, D. (1984). Psicología de las organizaciones: experiencia. México: Prentice Hall.

Romero, L. N., Salinas, V. M. y Gutiérrez, F. J. (2010). Estilos de aprendizaje basados en el modelo de Kolb en la educación virtual. *Apertura*, 2(1), 1-21. https://www.redalyc.org/pdf/688/68820841007.pdf

Vergara, C. (2015). La teoría de los estilos de aprendizaje de Kolb. https://www.actualidadenpsicologia.com/la-teoria-de-los-estilos-de-aprendizaje-de-kolb/

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 científicotécnicos, 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 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:

Artículo Científico. Es una comunicación científica sobre resultados originales provenientes del proceso de investigación, conocido también, como artículo original. La extensión máxima del texto es de 10 páginas.

Artículo de Revisión o Análisis. Consiste en un análisis corto de lo que se ha publicado o realizado en temas específicos de las ciencias agropecuarias, recursos naturales o ciencias ambientales hasta la fecha, una región o en el país, con el propósito de definir el estado actual del mismo. Sigue un orden cronológico o de sus etapas de desarrollo. Por lo general destaca el avance, los cambios, las contradicciones y tendencias del tema. Extensión máxima de 10 páginas.

Uso de medidas. Deben utilizarse las unidades de medida que corresponden al sistema métrico decimal, pues ha de responder al uso del sistema internacional de medidas (SI). Si se utilizara una unidad local, se deberá colocar entre paréntesis una unidad de equivalencia internacional, *e.g.*, 10 mz (7.03 ha). Para consultar el SI favor visitar la página:

http://www.cem.es/cem/es_ES/metrologia/sistemaunidades_basicas.jsp?op=sistemaunidades_basicas

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

Título. Se debe usar título claro, corto, que no exceda las 15 palabras y que refleje el contenido del texto. El título debe ir centrado, escrito en letras minúscula con tamaño de letra 11.

Autores. Inicie con el nombre del autor principal, escriba los nombres y apellidos sin grados académicos y separe los autores utilizando comas, a continuación, en línea aparte indique grado académico, filiación o dependencia académica de trabajo o estudio. Indique número ORCID y correos electrónicos. La lista de autores se ubica inmediatamente después del título y alineados a la izquierda con tamaño de letra 10.

Resumen. Debe incluirse resumen en español e inglés (abstract), utilice un solo párrafo, con un máximo de 300 palabras cada uno, en las cuales se exprese el por qué y cómo se hizo el estudio. El resumen debe incluir los aspectos más importantes del trabajo: su justificación e importancia, metodología y las conclusiones más relevantes, apoyadas por resultados cuantitativos o cualitativos específicos de la investigación. En el caso de descripción de alguna especie (animal o vegetal), esta deberá ir acompañada de su respectivo nombre científico y del descriptor. La información en este capítulo debe ser congruente con la que se presente en los demás capítulos del artículo.

Palabras clave. Se ubican inmediatamente debajo de la última línea del resumen. Pueden ser palabras o frases cortas (entre cuatro y ocho). Pueden ser frases y su objetivo es facilitar la búsqueda bibliográfica en bases de datos computarizados o publicaciones que recogen el artículo condensado (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 información completa y presentarse según las normas APA 7 (American Psychological Association) versión 7.

Las referencias bibliográficas deben contener la siguiente información:

DOCUMENTOS IMPRESOS Autor: apellido(s) e inicial(es) del nombre). /año de publicación (entre paréntesis). /título del trabajo y subtítulo, si hay, separados por dos puntos (en itálicas). /edición: a partir de la segunda edición, se abrevia con (ed.) (minúsculas y va entre paréntesis). /editorial.

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

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

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

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 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. Ortíz, 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.



contenido

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

CALIDAD DEL AGUA EN FUENTES USADAS PARA EL CONSUMO HUMANO EN 14 COMUNIDADES DEL EL VIEJO, CHINANDEGA, NICARAGUA, 2020. César Aguirre.

PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN BANCO PROTEICO DE QUELITE (Cnidoscolus aconitifolium (Mill)) Y MARANGO (Moringa oleífera (Lam)) FINCA LAS MERCEDES, NICARAGUA. Olman José Narváez Espinoza, Lucilizabeth Pérez Rivera.

MORFOFISIOLOGÍA DEL GÉNERO *Rhizophora* EN LA RESERVA NATURAL ISLA JUAN VENADO, PACÍFICO DE NICARAGUA. Claudia María Dolmus-Bustillo, José Ignacio García Plazaola, Beatriz Fernandez-Marin.

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA APROVECHAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA CON FINES DE RIEGO, EN EL PLANTEL, MASAYA, NICARAGUA. Raquel Izabá-Ruiz, Karen Morales-Hernández.

EROSIVIDAD MENSUAL DE LA LLUVIA DETERMINADA A PARTIR DE INFORMACIÓN DE CUATRO ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE NICARAGUA. Miguel Enrique Blanco Chávez.

CIENCIA DE LAS PLANTAS

ABUNDANCIA, RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE INSECTOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE MARACUYÁ (Passiflora edulis Sims) EN MATAGALPA, NICARAGUA. Freddy Loáisiga Jarquín, Edgardo Jiménez-Martínez.

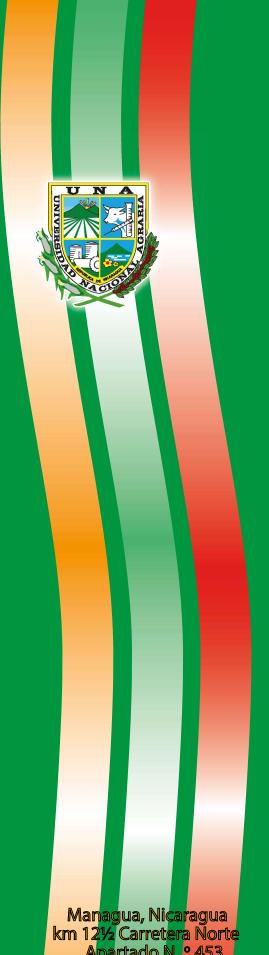
FITOPATÓGENOS FÚNGICOS ASOCIADOS A SEMILLAS DE MORINGA EN EL ESTADO MONAGAS, VENEZUELA. Guillermo Sabu Romero-Marcano, Ramón Silva-Acuña, María Claudia Sánchez-Cuevas.

SIEMBRA A DOBLE SURCO Y SURCO SENCILLO Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DE SEMILLA DE FRIJOL COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.). Johnry Junior Hawkins Martínez, Alba Noelia Ortiz Aragón, Roberto Carlos Larios González.

IDENTIFICACIÓN FENOTÍPICA Y MOLECULAR DE *Burkholderia* spp EN PANÍCULAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.). Dagne Veleria Fornos reyes, Norvin Josué Peralta Herrera, Isaías Ezequiel Sánchez Gómez, Markelyn José Rodríguez Zamora.

GESTIÓN EDUCATIVA

ESTILOS DE APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DEL ÁREA FUNCIONAL PREPARATORIA PARA LA FORMACIÓN EN CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES BASADOS EN EL MODELO DE KOLB. David Ernesto Peñalba Berríos.



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

