

e-ISSN 2477-8982
p-ISSN 1390-6895



13
VOLUMEN
Núm. 1 y 2



ENERO - JUNIO 2023

JULIO - DICIEMBRE 2023

ECUADOR

Autoridades

 Luis Santiago Quiroz Fernández, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Rector

 Mara Jacqueline Molina de Lozano, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Vicerrectora Académica

 Alex Alberto Dueñas Rivadeneira, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Director del Instituto de Investigación

Equipo editorial

 Joan Manuel Rodríguez Díaz, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Director de la revista

 Adriana Beatriz Sánchez Urdaneta, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Editora General

Editores de sección

 Ana María Santana Piñeros, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Acuicultura y pesca

 Liudmila Shkiliova, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agricultura y silvicultura

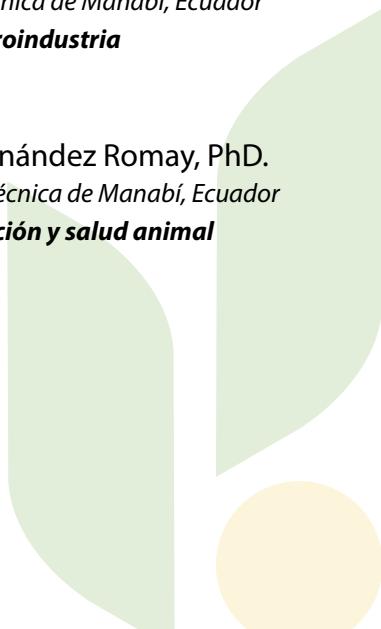
 Juan Carlos Vélez Chica, MSc.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agroeconomía

 Wagner Antonio Gorozabel Muñoz, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agroindustria

 Mirna Cecilia Oviedo, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Ciencias de la vida

 Yulien Fernández Romay, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Producción y salud animal

 Henry Pacheco, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Protección del ambiente



Cuerpo editorial

 Juan Manuel Vera, Blgo.

*Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Acuicultura y pesca*

 Jesús Díez Dapeña, PhD.

*Universidad de Córdoba, España
Acuicultura y pesca*

 Francisco López Lozano, PhD.

*Universidad de Córdoba, España
Acuicultura y pesca*

 Osvaldo Alberto Fosado Téllez, PhD.

*Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agricultura y silvicultura*

 Carlos Alfredo Salas Macías, PhD.

*Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agricultura y silvicultura*

 Rolando León Aguilar, PhD.

*Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agricultura y silvicultura*

 Freddy Zambrano Gavilanes, PhD.

*Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agricultura y silvicultura*

 Lenin Oswaldo Vera Montenegro, PhD.

*Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de
Manabí, Calceta, Ecuador
Agroeconomía*

 Frank Intriago Flor, PhD.

*Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agroeconomía*

 Ulbio Eduardo Alcívar Cedeño, PhD.

*Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agroindustria*

 Yordanis Gerardo Puerta de Armas, PhD.

*Universidad Centro Panamericano de Estudios
Superiores, México
Protección del ambiente*

 Mario Javier Bonilla Loor, PhD.

*Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agroindustria*

 José Guerrero Casado, PhD.

*Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Ciencias de la vida*

 Gerardo José Cuenca Nevárez, Mg.

*Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Ciencias de la vida*

 Edis Macías Rodríguez, PhD.

*Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Producción y salud animal*

 Marina Dalila Zambrano Aguayo, PhD.

*Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Producción y salud animal*

 Sixto Leonardo Reyna Gallegos, PhD.

*Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Ciencias de la vida*

 William Méndez Mata, PhD.

*Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Protección del ambiente*

 Juan Luis Cedeño Pozo, PhD.

*Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Producción y salud animal*

Consejo editorial

 Rouverson Pereira da Silva, PhD.

Universidad Estatal Paulista de Brasil, Brasil

 Wilson Orlando Pozo Guerrero, PhD.

Universidad de Guayaquil, Ecuador

 Débora Simón Baile, PhD.

*Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE,
Sangolquí, Ecuador*

 Wilmer Sepúlveda, PhD.

*Grupo de Investigación IPER, Facultad de
Ciencias Económicas, Administrativas y
Contables, Colombia*

 Jorge Simón Pérez de Corcho Fuentes, PhD.

Universidad Central del Ecuador, Ecuador

 Ángel Guzmán Cedeño, PhD.

*Escuela Superior Politécnica Agropecuaria
de Manabí "Manuel Félix López", Ecuador*

 Mayra Beatriz Gómez Patiño, PhD.

Instituto Politécnico Nacional, Ecuador

 Manuel Dagoberto Acevedo Pérez, PhD.

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba

 Luis Ramón Bravo Sánchez, PhD.

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

 Alexander Díaz Arias, PhD.

*Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad
Tecnológica de Pereira, Colombia*

 Ciolys Beatriz Colmenares de Ortega, PhD.

*Departamento de Estadística, Facultad de Agronomía,
Universidad del Zulia, Venezuela*

 Tomás Díaz Valdés, PhD.

*Facultad de Agronomía, Universidad
Autónoma de Sinaloa, México*

- iD María Herminia Cornejo, PhD.**
Universidad Estatal de la Península de Santa Elena, Ecuador
- iD Pedro Antonio Valdés Hernández, PhD.**
Universidad Agraria de La Habana, Cuba
- iD Eunice Pérez Sánchez, PhD.**
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México
- iD Matteo Radice, PhD.**
Universidad Estatal Amazónica, Ecuador
- iD Juan Antonio Reyes Agüero, PhD.**
Instituto de Investigación de Zonas Desérticas (IIZD), Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México
- iD Ely Fernando Sacón Vera, PhD.**
Escuela Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador
- iD Ángel Villegas Monter, PhD.**
Profesor-Investigador Titular, Programa de Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad, Campus Montecillo, Colegio de Postgrados, Estado de México, México
- iD Cecilia Beatriz Peña Valdivia, PhD.**
Profesora-Investigadora Emérita, Programa de Posgrado en Botánica, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Estado de México, México
- iD Gretty Rosario Ettiene Rojas, PhD.**
Departamento de Química, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Venezuela
- iD Yaillet Alberbas, PhD.**
Docente-Investigadora, Universidad Central de las Villas, Cuba
- iD María Andrade Rodríguez, PhD.**
Profesora-Investigadora, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México
- iD Lourdes Casas Cardoso, PhD.**
Docente-Investigadora, Universidad de Cádiz, Andalucía, España
- iD Darisol Lisbeth Pacheco Rivera, PhD.**
Docente-Investigadora, Departamento de Botánica, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia
- iD Maria da Conceição Branco da Silva, PhD.**
LAQV-REQUIMTE/Departamento de Ciências Químicas, Faculdade de Farmácia, Universidade Do Porto, R. Jorge Viterbo Ferreira, 228, 4050-313, Porto, Portugal
- iD Célia Amorim, PhD.**
LAQV-REQUIMTE/Departamento de Ciências Químicas, Faculdade de Farmácia, Universidade Do Porto, R. Jorge Viterbo Ferreira, 228, 4050-313, Porto, Portugal
- iD María Dolores Saquete, PhD.**
Instituto Universitario de Ingeniería de los Procesos Químicos, Universidad de Alicante, Alicante, E-03080, Spain
- iD Rafael Luque, PhD.**
Department of Chemistry, College of Science, King Saud University, P.O. Box 2455, Riyadh, Saudi Arabia
- iD Nuria Boluda-Botella, PhD.**
Instituto Universitario de Ingeniería de los Procesos Químicos, Universidad de Alicante, Alicante, E-03080, Spain
- iD Daniella Carla Napoleão, PhD.**
Chemical Engineering Department, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil
- iD Luis Ernesto Arteaga, PhD.**
Laboratory of Thermal and Catalytic Processes (LPTC), Wood Engineering Department, Faculty of Engineering, Universidad del Bío-Bío, Concepción 4030000, Chile
- iD Aán Guillermo Ramírez García, PhD**
Universidad Autónoma Chapingo, Mexico
- iD Jesús Rafael Salazar Miquilena, MSc.**
Universidad Central de Venezuela
- iD Santiago Miguel Ulloa Cortázar, PhD**
Universidad de las fuerzas armadas, ESPE, Ecuador
- iD Jorge Ortega Alcalá, PhD**
Universidad de Zulia, Venezuela
- iD Marta Maria Menezes Bezerra Duarte, PhD**
Chemical Engineering Department, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil

Equipo Técnico

iD Adriana Beatriz Sánchez Urdaneta, PhD.
Instituto de Investigación, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Editor Técnico

iD Víctor Andrés López Tuarez , Ing.
Departamento de TICs, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Editor Técnico/Web Master OJS

iD Orly Bermello Zamora, Ing.
Dirección de Comunicaciones, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Diseño/Diagramación

ÍNDICE

ACUICULTURA Y PESCA

¿Es la Botarga de lisa, una apuesta comercial en Colombia?

¿It is the Bottarga of lisa, a commercial bet in Colombia?

61-72

Katherine Rocio Obeid-Manjarres, Adriana Rodríguez-Forero

AGRICULTURA Y SILVICULTURA

Efecto de distintos niveles de fertilización en el comportamiento agronómico del fréjol Caupí INIAP-463

Efecto de distintos niveles de fertilización en el comportamiento agronómico del fréjol Caupí INIAP-463

73-78

Karen Andrade Verduga, Rubén Darío Rivera Fernández, Edisson Wilfrido Cuenca Cuenca

Impacto de la aplicación de cobertura vegetal en el cultivo de arroz

Impact of application of vegetable covering on rice cultivation

79-85

Sebastián Zayas Infante, Norton Ignacio Peña Aguilera, Mario Adelfo Batista Zaldívar

Fluctuación poblacional de *Chaetanaphothrips signipennis* Bagnall y *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot en una plantación bananera

Population fluctuation of *Chaetanaphothrips signipennis* Bagnall and *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot in a banana crop

86-92

Salomón Barrezueta-Unda, Bryan Leonardo Cabezas Zhumi

AGROINDUSTRIA

Aplicación del NaHCO3 como estrategia físico-química para mitigar el impacto ambiental de la vinaza producida en la destilación de alcohol artesanal

Application of NaHCO3 to mitigate the environmental impact of vinasse produced in the distillation of artisanal alcohol

93-101

Ever Darío Morales Avendaño, Jhonny Navarrete Álava, Jhonny Navarrete Álava, Marvin Zambrano Lara

PRODUCCIÓN Y SALUD ANIMAL

Tendencia genética en bovinos de aptitud cárnea en la hacienda La Victoria, provincia del Guayas

Genetic trends in beef cattle in La Victoria farm, Guayas province

102-107

Carlos Octavio Larrea-Izurieta, Luis Favian Cartuche-Macas, Javier Atilio Alcívar-Cedeño, Ramón Junior Moreira-Obando

Seroprevalencia de la rinotraqueitis infecciosa bovina de la provincia de Cotopaxi, Ecuador

Seroprevalence of bovine infectious rhinotracheitis in the province of Cotopaxi, Ecuador

Katherine Priscila Vizuete Jaramillo, Blanca Mercedes Toro Molina, Lisbeth Mariela Donoso Vega, Evelyn Susana Ortega Cuamacás, Lucia Monserrath Silva Déley, Nancy Margoth Cueva Salazar

108-113

Leptospirosis: epidemiología zoonótica en la Región Costa Central de Ecuador

Leptospirosis: zoonotic epidemiology in the Central Coast Region of Ecuador

Mauro Manabí Guillén Mendoza, María Cecilia Guillén Mendoza, Mauro José Guillén Rodríguez

114-121



¿Es la Botarga de lisa, una apuesta comercial en Colombia?

It is the Bottarga of lisa, a commercial bet in Colombia?

Autores

- ✉ *Katherine Rocio Obeid-Manjarres 
✉ Adriana Rodríguez-Forero 

Laboratorio de Acuicultura. Programa de Ingeniería Pesquera. Facultad de Ingenierías. Universidad del Magdalena, Colombia

*Autor de correspondencia.

Resumen

Colombia presenta una gran diversidad de peces, la cual es el sustento de numerosas comunidades costeras, cuyos productos se destacan por poseer una variedad de propiedades nutricionales. Aunque, la actividad relacionada con la pesca y la acuicultura no ha recibido el impulso suficiente para potenciarse y para que además de su significativo aporte alimentario muestre las opciones para el procesamiento y adición de valor de sus productos. Este estudio pretendió revisar la información referente a la "botarga" un producto artesanal derivado del procesamiento de la góndada madura de las lisas (mugilídos), que tiene un importante valor comercial en los mercados internacionales. Esta revisión se llevó a cabo a través del análisis de diferentes artículos científicos y trabajos de investigación encontrados en las bases de datos bibliográficas, en la que se obtuvo escasa información reciente sobre la temática, por lo que se realizaron filtros y ecuaciones de búsquedas específicas en Scielo, Dialnet, Redalyc, ScienceDirect, Scopus, Google Scholar, entre otras, en los períodos comprendidos entre 1981 y 2022. De esta manera, se extrajeron alrededor de 90 referencias para presentar una descripción de las especies de mugilídos conocidos como lisas y su relevancia en el sector, para el aprovechamiento de sus subproductos como la botarga y de cómo este se ha convertido en un exquisito manjar de alto valor nutricional y económico en el mercado internacional resultando en un producto con la capacidad de ser explotado en el país, con un plus para el desarrollo social. También se expone la situación actual del sector artesanal pesquero y la situación de las comunidades que trabajan alrededor de esta actividad en Colombia en el ámbito de ciencia, tecnología e innovación dejando a la vista un panorama poco alentador.

Palabras clave: *Mugil*; subproductos; acuicultura; caviar; góndadas.

Abstract

In the country, even though fishing is the livelihood of many communities and that its products stand out for being biodiverse and for possessing an infinity of nutritional properties, it has been placed on a plane, even non-existent for the rulers and even for the same fishermen who have seen the activity only as a food contribution, ignoring the potential that this brings, especially in the integral use of the species obtained. This review was carried out through the analysis of different scientific articles and research works found in the bibliographic databases, in which it should be noted that not much recent information was obtained on the subject, so filters and equations of specific searches in Scielo, Dialnet, Redalyc, ScienceDirect, Scopus, Google Scholar, among others, in the periods between 1981 and 2022, being able to extract an approximate of more than 90 references to present a description of the fishing mullet species known as "lisas" and the relevance of this in the sector, the use of its by-products such as bottarga obtained from its roe and how this has become an exquisite delicacy of high nutritional and economic value in the international market, becoming a product with the capacity to be exploited in the country being a plus of social development for the country. Therefore, the current situation of the sector in Colombia in the field of science, technology and innovation is also exposed, revealing a very discouraging panorama.

Keywords: *Mugil*; by-products; aquaculture; caviar; gonads.

Recibido: Mayo 11, 2023
Aceptado: Julio 23, 2023
Publicado: Agosto 22, 2023

Introducción

Los productos pesqueros representan una fuente importante de proteínas, vitaminas, minerales y oligoelementos que hacen que hoy en día sean desde el punto de vista nutricional, un elemento esencial en la canasta básica familiar y cumplan un rol destacado en la seguridad alimentaria en todo el mundo. Son considerados como alimentos funcionales, debido a sus innumerables aportes a la salud, especialmente en el tratamiento y prevención de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas, cáncer, enfermedad inflamatoria intestinal, artritis reumatoidea e injuria por isquemia/reperfusión, siendo importantes, además, para el desarrollo óptimo del cerebro y sistema nervioso de un bebé (Sahya et al., 2021; Araneda, 2022).

En el 2019, la producción estimada de pescado y frutos del mar fue de 171 millones de toneladas, siendo el principal productor la China continental, país que suministró el 36% de la producción total, seguido por India e Indonesia, los cuales suministraron el 7,5 y 7% de la producción total, respectivamente (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2020). En Colombia, este sector es de gran importancia por su aporte a la generación de empleo y de ingresos y a la seguridad alimentaria nacional, en especial para las poblaciones rurales cuyas oportunidades de acceso a los factores productivos son limitadas, habiéndose reportado aproximadamente 24.000 toneladas de productos pesqueros comercializados en 2021 (González-Porto et al., 2021).

En cuanto a recursos pesqueros, en específico aquellos pertenecientes a los mugilídos, han resultado ser un insumo atractivo a nivel mundial (Aizen et al., 2005; Cardona, 2016; Crosetti, 2016; Nordlie, 2016; Romdhane et al., 2019; Comission European, 2021; Ramos-Júdez et al., 2021; Sukumaran et al., 2021), no solo por el contenido nutricional de su carne sino por las ventajas que este posee para su aprovechamiento integral, especialmente, en el desarrollo de nuevos productos de alto valor biológico como la botarga (gónadas de pescado) (Colil, 2019), siendo alimentos similares algunos como el karasumi japonés y el wuyutsu taiwanés, más suave, y el eoran coreano, de mugilídos de agua dulce, ampliamente consumidos en Europa y Asia (Bledsoe y Rasco, 2006; Farag et al., 2021; Schmidt et al., 2023).

No obstante, los avances biotecnológicos observados en el ámbito mundial en el procesamiento de alimentos, en Colombia en esta área han sido relativamente escasos y han generado desafíos, afectando a su vez el logro de los objetivos de desarrollo sostenible expuesto por las Organización de las Naciones Unidas, como el fin de la pobreza, el hambre cero, el trabajo decente y el crecimiento económico, la producción y consumo

responsable, la vida submarina, entre otros, haciendo al país poco competitivo e infravalorado aun ante la presencia de su rica y variada biodiversidad (Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2015).

Dicho lo anterior, esta revisión pretendió dar a conocer la situación actual de la industria de la generación de productos con valor agregado a partir de la lisa (mugilido), tanto a nivel mundial como nacional y cómo el aprovechamiento de sus subproductos ha repercutido en la generación de nuevas opciones biotecnológicas de alto valor comercial, nutricional y económico, ligado a la seguridad alimentaria y a los objetivos de desarrollo sostenible expuestos por las Naciones Unidas.

La lisa

Los mugilídos, también conocidos como lisas, son uno de los grupos de peces comerciales de mayor abundancia en el sector de la pesquería artesanal (Menezes y Figueiredo, 1985; González-Castro et al., 2009; Herbst y Hanazaki, 2014; Castro et al., 2015; Morado et al., 2021), encontrándose distribuidos en regiones tropicales, subtropicales y templadas del mundo, siendo cosmopolitas, habitando especialmente zonas estuarinas de aguas salobres (Siccha et al., 2014). La familia comprende 20 géneros y 70 especies, de las cuales 11 pertenecen al género *Mugil* (Eschmeyer y Fricke, 2011). Son numerosas las especies valoradas por su papel ecológico y económico (Cardona, 2001).

A raíz de su comportamiento biológico y valor nutritivo se considera que los mugilídos ocupan un nicho biológico clave entre aguas dulces, estuarinas y marinas del mundo (Thomson, 1997; Nelson, 2006; González-Castro et al., 2012). Su distribución ha contribuido en gran medida con los indicadores de registros pesqueros de costas y estuarios en numerosas regiones del mundo (Cervigón et al., 1992). La pesca de lisas se realiza con redes (atarrayas y redes de playas), y más raramente con líneas y anzuelos.

En general, las especies de mugilídos son plateadas con tonalidades verdes o azules, presentan un tamaño que oscila entre 30 a 90 cm de longitud; pueden llegar a pesar hasta 8 kg cuando llegan a su estado de madurez. Presentan escamas grandes, cuerpos fusiformes, con cabeza grande y aplanaada en algunos casos, aleta caudal bifurcada y dos aletas dorsales distintas, la primera con cuatro espinas rígidas. No tienen línea lateral sino una serie de poros situados en posición lateral que se utilizan para detectar vibraciones. La mayoría tiene dientes muy pequeños o están ausentes, y poseen estómagos parecidos a mollejas e intestinos largos capaces de asimilar dietas principalmente vegetarianas (Cervigón, 1993). Los mugilídos se distribuyen en regiones temperadas y son especies eurihalinas; es decir, toleran grandes



cambios de salinidad, por lo que generalmente aparecen en aguas costeras, estuarios salobres y aguas hipersalinas. También son euritérmicas, pues soportan cambios bruscos en la temperatura del agua. Son ovíparos, los huevos son pelágicos y no adhesivos (figura 1; Cervigon et al., 1992; Cervigon, 1993; FAO, 2019).



Figura 1. La lisa, *Mugil incilis* (distribuida en el trópico, en la zona Caribe). Fotografía de Katrina Medina Lambraño.

Es una especie cuya fuente principal de alimentación son los desechos orgánicos y el material que se puede encontrar flotando en el medio o en el fondo marino convirtiéndola en un animal detritívoro. Es iliófaga, vegetariana, omnívora, fitófaga y zooplanctófaga (Ruiz y Vallejo, 2013). *Mugil incilis* se alimenta de microorganismos asociados con detritos del fondo, ingiriendo diatomeas, algas finas y grandes cantidades de sedimento, el cual filtra con su órgano faríngeo (Perez et al., 1999). Al ser capaces de alimentarse de algas unicelulares y pluricelulares, obtienen su energía del primer nivel trófico y pueden adaptarse a vivir con material alimentario de baja calidad, no utilizado por otras especies (Brusle, 1981), lo que, a su vez, puede afectar su bienestar, debido a la exposición y consumo de sustancias y/o microorganismos nocivos para ellos (Ruiz y Vallejo, 2013).

En general, durante la reproducción natural de las lisas, estas se reúnen en pequeños grupos, en la desembocadura de los ríos y arroyos costeros. Luego de nacer y crecer, los juveniles se mueven hasta los pantanos y los ríos de la costa a largas distancias, en busca de alimento y para protegerse de los depredadores. En Colombia, las lisas como *M. incilis*, *M. curema*, *M. liza* y *M. trichodon* desovan en las aguas del mar Caribe adyacente a la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), y su periodo de migración (diciembre-marzo) comienza con su mejor condición física. Luego del desove retornan a sus áreas de alimentación en la CGSM entre dos a cuatro semanas después, presentando una pobre condición de salud ya que al parecer no se alimentan durante este tiempo (Blanco-Racedo, 1983; Blanco-Racedo et al., 2006; Santafe, 2008; Pumarico, 2013; Harrison, 2016).

Las especies de mugílidos se han convertido en un importante producto alimenticio, especialmente para las comunidades aledañas a las zonas costeras y estuarinas, al aportar valor nutricional en la dieta humana, ya que contienen proteínas de gran calidad y algunos oligoelementos, vitaminas y minerales esenciales para el desarrollo (U.S. Agency for International Development, 2007; National Research Council (NRC), 2011; MPA/MMA, 2015; Romdhane et al., 2019; Gobierno de Mexico, 2021), y por ser un sustento económico para la población pesquera

impulsando de cierta manera la explotación de la biodiversidad de la región. Por ejemplo, *M. liza* tiene un considerable valor socioeconómico en el sur-este de Brasil, Uruguay y Argentina (Menezes y Figueiredo, 1985; González-Castro et al., 2009; Herbst y Hanazaki, 2014). *Mugil cephalus* también es una especie muy valorada en diversos continentes, en países tales como la India (Curian, 1975; Jana et al., 2004; Barman et al., 2005), China (Chang et al., 2004), Egipto (Bishara, 1978; Saleh, 2008), Israel (Lupatsch et al., 2003), Italia (Luzzana et al., 2005), Nueva Zelanda (Wells, 1984), Nigeria (Anyanwu et al., 2007), Sri Lanka (De Silva and Silva, 1979), Taiwan (Tang, 1975; Chang et al., 2000), o Tunisia (Khériji et al., 2003), entre otros.

Como se ha expresado, sus góndadas se comercializan en salmuera y se secan siendo consideradas un manjar (Thomson, 1978; Bledsoe et al., 2003; Scano et al., 2008; Mouritsen, 2023); por lo que, también presentan gran importancia comercial en los mercados internacionales, y debido a esto se ha reportado un importante incremento en la demanda de estos productos (Ibañez y Gallardo, 2004; Hung et al., 2006).

Esto se observa en el importante ascenso en la producción de lisas a nivel mundial, como lo expresa la FAO (2022) (tabla 1), y en el incremento promedio porcentual de alrededor del 5% por año en las ventas de Bottarga según Caredda et al. (2018). En las páginas web que ofertan el producto, se observan valores que oscilan entre USD 29 a USD 64 por onza, precios que dependerán de la calidad, cantidad y del origen del producto.

En países como México, las góndadas de la lisa han incrementado su valor económico desde 1995 donde oscilaba entre los 120 \$·kg⁻¹. Esto provocó un alza en el precio del producto y el incremento de la demanda en el mercado, causando un aumento en el esfuerzo pesquero incrementando sensiblemente la rentabilidad de la pesquería. Por esta razón, desde 2003 se implementó un sistema de clasificación por calidad y peso para su comercialización (Uresti et al., 2015). En este sistema, las góndadas grandes, de 6 a 8 onzas (170-226 g), alcanzaron un precio de 145 \$·kg⁻¹; las medianas de 4 a 6 onzas (113,4-170 g) de 125 \$·kg⁻¹ y las pequeñas, de 2 a 4 onzas (56,7-113,4 g) de 105 \$·kg⁻¹ y para el mercado nacional las góndadas pequeñas o rotas tendrían un valor de 3,46 \$·kg⁻¹ (Gómez-Ortiz et al., 2006).

Tabla 1. Producción mundial del grupo lisas en la acuicultura marina y costera (adaptado de FAO, 2022).

Grupo	2000	2005	2010	2015	2020	Porcentaje del total
(Miles de toneladas, peso vivo)						
Lizas nep, Mugilidae	92,4	173,7	102,7	129,2	291,2	3,5

Según la FAO, la producción mundial de pescado fue de aproximadamente 179 millones de toneladas, de los cuales 156 millones de toneladas fueron destinadas para el consumo directo humano y el restante fue empleado para fines no alimentarios



(FAO, 2020), donde la lisa apenas ocupó un 3,5% de la producción total (FAO, 2022). Si bien, no es una cifra significativa en comparación con otras especies, su importancia radica en que, al ser una especie ubicada en un escalón bajo de la cadena alimentaria, no requiere alimentos con alto contenido proteico y puede emplearse en piscicultura como una especie para la economía azul y para la seguridad alimentaria; debido a su nivel alimentario, también hay un uso ambiental mucho más amigable, incrementando la sostenibilidad de la actividad acuícola y la bioseguridad de estos sistemas. A su vez, al ser una especie biorremediadora, es útil en policultivos con otras especies de peces o crustáceos (Sarig, 1981; Lupatsch et al., 2003).

En el contexto nacional, en Colombia, el informe presentado en el año 2015 por el Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC) titulado “Comercialización de productos provenientes de la pesca y la acuicultura en los principales centros de consumo en Colombia”, se mencionó que las especies de mugilídos han sido categorizadas como un producto de valor comercial medio. Estas han mostrado un alto porcentaje de comercialización sobre otras especies (Gonzalez et al., 2015). No obstante, la pesca indiscriminada de alevinos, la contaminación ambiental, la sobre explotación de la especie, entre otros factores, ha conllevado a una disminución significativa de ejemplares que llegan a su plenitud sexual para poder reproducirse afectando la presencia de la especie en el medio y consigo la seguridad alimentaria (Correa, 2021).

En el país, se han reportado desde la bahía de Cispatá hasta Portete (Rey y Acero, 2002, Rueda y Defeo, 2003). Específicamente en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), la más grande y productiva del Caribe colombiano con una extensión de 4.280 km² de los cuales 730 km² son espejos de agua, y con una profundidad que varía de los 2 a los 6 m, las comunidades de pescadores extraen artesanalmente y comercializan los recursos pesqueros, tanto para autoconsumo como para el abastecimiento de los centros urbanos periféricos (Zamora, 2005), siendo las lisas uno de los principales blancos de esta pesquería (Santos-Martínez y Acero, 1991; Marmol et al., 2010; OCDE, 2016) (figura 2).

Las investigaciones realizadas puntualmente en la CGSM han documentado que la mayoría de las especies están siendo capturadas en tallas muy pequeñas, por debajo de sus tallas medias de madurez sexual (TMM) (Santos-Martínez et al., 1991; Rueda y Defeo, 2003; Narváez et al., 2008). En el caso de *M. incilis*, por ejemplo, durante el período 1994-2004 se capturó en un amplio ámbito de tallas (5,5 a 49 cm), observándose un incremento en las capturas de individuos juveniles y una mayor presión sobre tallas por debajo de la TMM (Narváez et al.,

2008). Ha sido evidente el efecto sobre su biología reproductiva, que probablemente también es afectada por cambios en las condiciones ambientales de la CGSM, debido a las alteraciones de su régimen hidrológico (Botero y Salzwedel, 1999; Blanco et al., 2006).



Figura 2. Pescadores artesanales de la Ciénaga Grande de Santa Marta y sus productos de la pesca.

Analizando el historial de la captura de peces en la CGSM, en 1976 esta zona era de gran importancia pesquera produciendo aproximadamente 27.000 Tm·año-1, en 1987 se había reducido a 1,785 Tm, en 2008 hubo una leve recuperación (5,113 Tm de peces y 1.208 de mariscos). Según datos estadísticos, entre 2000 y 2010 la producción pesquera se redujo de 12 a 6 Tm. En la actualidad la producción anual es de 3 Tm, siendo la lisa componente de al menos el 40% de la misma (Boletín SEPEC, 2018). Se calcula que para 2022 su pesquería se reduzca a su mínima expresión o esta sea únicamente empleada como forrajera. Esto es una respuesta entre otras, a más de 60 años de explotación pesquera y otros factores de origen antropogénico. Está expresado que se superó la capacidad de carga del ecosistema y la recuperación del recurso no genera ingresos para vivir dignamente.

Por otro lado, aun cuando durante siglos se ha practicado el cultivo de mugilídos, en esencia de *M. cephalus*, especialmente en Europa y Asia, su producción como fuente alimenticia ha sido a escala pequeña y no intensiva (Aizen et al., 2005; Biswas y Samanta, 2006; Saleh, 2008; Ramos-Júdez et al., 2021). La mayoría de los alevines de lisa son utilizados en la acuicultura comercial, los cuales se capturan en la naturaleza, especialmente en el Mediterráneo oriental y meridional, Arabia Saudita y los Estados del Golfo y el sudeste asiático (Mylonas et al., 2019). En Colombia su cultivo aún no existe.

Debido a su resistencia al manejo en cautiverio, hábitos alimentarios y rápido crecimiento, algunas especies son objeto de cultivo (Barman et al, 2005; Biswas y Samanta, 2006). Algunos países como Brasil, Colombia, Cuba y Chile están priorizando o intentando priorizar el cultivo de estas especies autóctonas como fuente de proteína animal para el consumo humano y como fuente de seguridad alimentaria (Franco y Bashirullah, 1992; Valenzuela, 2022).

Adicional a esto, la industria pesquera y acuícola dentro de sus problemáticas genera elevadas cantidades de residuos que podrían ser aprovechados para el desarrollo de nuevos productos con alto valor nutricional y económico. Numerosas vísceras entre las que se cuentan las gónadas son desechadas día a día en los mercados, pesquerías y cultivos locales, sin que sus comerciantes tengan conocimiento del valor económico que puede representar la comercialización de subproductos como gónadas, estómagos o escamas, entre otros. A nivel mundial, se estima que cada año aproximadamente el 35% de las capturas en el sector acuícola son desperdiadas (FAO, 2020), lo que representa una problemática tanto económica como ambiental, originando el estancamiento en el desarrollo y progreso de las regiones que subsisten de la pesca, por lo que es necesario pensar en el aprovechamiento integral de estos subproductos.

La reducción de la pérdida y el desperdicio de pescado puede conducir a una reducción de la presión sobre las poblaciones de peces y contribuir a mejorar la sostenibilidad de los recursos, así como a la seguridad alimentaria (FAO, 2020).

Subproductos de la pesca y la acuicultura: caviar y sustitutos

La generación de nuevos productos a partir de subproductos del pescado como la cabeza, cola, espinas, vísceras, huevas, escamas, entre otros, ha aumentado con los avances biotecnológicos. Un ejemplo de ello son las gónadas del pescado, que son los órganos reproductivos de la especie, que en el caso de las hembras son ovarios y en los machos son los testículos, y a partir de allí se extraen los productos que durante la temporada de desove no han sido utilizados (Waldrop et al., 2019). Estos son considerados como un alimento altamente nutritivo por su contenido de vitaminas como la B12, D, E y niacina, minerales como selenio y fosforo, proteínas y oligoelementos como el omega 3 aportando beneficios saludables para el consumo humano como la regulación de los niveles de colesterol y triglicéridos (Eras, 2016) y son consumidas en diferentes presentaciones como crudas, saladas, ahumadas o hervidas (Rosa et al., 2020).

En el mercado pueden encontrarse en seis categorías: (a) caviar verdadero (utilizando huevos de esturión); (b) caviar sustituto (huevos derivados de otras especies de peces o de otros animales); (c) caviar de imitación (productos similares al caviar elaborados con otras sustancias biológicas, que imitan al caviar en apariencia y sabor); (d) caviar simulado (producido por otras sustancias biológicas para simular solo el sabor del caviar, pero no la apariencia); (e) derivados (productos que contienen caviar verdadero como componente de la receta); (f) productos con asociaciones emocionales con el caviar (no relacionados en absoluto con el caviar, pero utilizan el nombre como una estrategia de marketing para evocar una imagen de lujo e inferir un alto valor) (Bronzi y Rosenthal, 2014).

En la actualidad, el caviar es el manjar mayormente comercializado que se obtiene a partir de los huevos del esturión; no obstante, y debido a su alto costo de adquisición,

se aprovechan los huevos de otras especies como alternativa cultural, económica o nutricional (Marquina y Vidaurre, 2015; FAO, 2020; Bekhit, 2022; Mouritsen, 2023), por lo que se han empleado los huevos de más de 38 especies de peces, además de los esturiones, para producir sustitutos de este codiciado producto (Bronzi y Rosenthal, 2014; Mouritsen, 2023), como el caso de la botarga. Debido a la sobrepesca de las poblaciones de estos peces, la acuicultura se ha establecido como la técnica en la que se logra producir con éxito caviar de buena calidad. China es uno de los países con mayor producción de caviar mediante su cultivo con una participación mundial del 78% (Bronzi et al., 2019).

Botarga de lisa

La botarga (Bottarga), cuyo nombre parece provenir del griego obtarikhon, una combinación que significa huevo y escabeche, o huevas de pescado secas y saladas, o del árabe butarich, cuyo sonido es muy similar al nombre sardo buttariga; ootarikhon (literalmente: pepinillo de huevo: la palabra griega es la fuente del copto outarakhon y, por lo tanto, del árabe butarkhah y del término moderno “botargo”). Del producto se empieza a conocer en la antigüedad con los fenicios, quienes lo extendieron a Egipto en donde se ha detectado la existencia de un mural del siglo X a.C. que representa a pescadores preparando sacos de huevas. Sin embargo, también se ha descrito por Andrew Dalby, un historiador y lingüista, que señala que los habitantes de Bizancio, colonizado por los griegos hacia el año 600 a.C., disfrutaban de la botarga, tal como se describe: “Además de todas las delicias de mariscos conocidas en la Grecia clásica, los bizantinos apreciaban las huevas de salmonete saladas”; lo que parece indicar que los griegos pueden reclamar el nombre, si no el proceso en sí, tal como se menciona en “Tastes of Byzantium: The Cuisine of a Legendary Empire” (Hughes y Wasson, 1947; Dalby, 2013).

Más tarde, hacia 1386, piratas catalanes o aragoneses mencionaron la captura de un cargamento de botarga y anguila ahumada como un producto de gran valor. En 1473 se mencionó el “oro sardo” en el primer libro de cocina italiano “De honesta voluptate te valetudine” de Bartolomeo Platina. Es un producto que se obtenía fácilmente a partir de la captura de los peces cerca de la línea de costa y lejos de los peligros de internarse en alta mar (Hughes y Wasson, 1947; Dalby, 2013).

La botarga se obtiene de los ovarios maduros que son separados completamente, sin romperlos, son lavados y puestos en salmuera o en sal marina, prensados y escurridos para eliminar la humedad, para lo cual son secados al aire o al sol, o se exponen en un ambiente seco y limpio sobre estantes de madera o sobre el techo de las casas. Una vez secas las bolsas de botarga se recubren con cera con el fin de detener su maduración en el momento preciso y para conservarla y protegerla de cualquier contacto exterior que pueda disminuir su calidad. El tiempo de maduración es de al menos 90 días, hasta obtener una coloración dorada o ámbar, y este dependerá de la época del año y de la temperatura en la que se desarrolla el secado, con un contenido de sal de 4% y entre el 20 y el 30% de humedad. Finalmente, son vendidas como ovarios enteros (sacos ováricos intactos) envasados al vacío o



rallados y empacados como un producto delicatessen o gourmet (Hsu y Deng, 1980; Rosa et al., 2020; Farag et al., 2021).

La hueva es un alimento rico en proteínas (45%) y lípidos (12,8%), de hecho, son consideradas como una valiosa fuente de omega-3 HUFA (ácidos grasos altamente insaturados), EPA y DHA, esenciales para una extensa variedad de funciones biológicas que afectan directamente a la salud, al crecimiento y al bienestar humano (Cahu et al., 2004). Algunos estudios como el de Rosa et al. (2009) denominado “Oxidative stability of lipid components of mullet (*M. cephalus*) roe and its product botarga”; el proyecto de Caredda et al. (2018) denominado “Physico-chemical, colorimetric, rheological parameters and chemometric discrimination of the origin *M. cephalus*’ roes during the manufacturing process of Bottarga”, han demostrado que este tipo de productos tiene un papel importante en la prevención de las enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer, incluyendo el de colon, de mama y de próstata. Además, el aceite de pescado también ayuda a prevenir el envejecimiento cerebral y la enfermedad de Alzheimer (Caredda et al., 2018).

Se llama poutargue en Francia, batarek en Egipto y el Líbano, Yu chian-cha en China, Wuze en Taiwan y Karasumi en Japón (Bekhit, 2010). En Italia, la bottarga di Muggine es reconocida como un producto alimenticio tradicional (Corrias et al., 2020). Esta se elabora principalmente con las huevas de especies de *Mugil*; no obstante, con el paso del tiempo se han venido utilizando las huevas de otras especies como las de atún, el pez espada e incluso la corvina, aunque para los italianos más conservadores, la botarga de *Mugil* debe ser la única considerada como tal (Uresti et al., 2015).

Algunos estudios como el presentado por Ramírez et al. (2006), denominado “Aprovechamiento integral de la lisa: alternativa de desarrollo económico para la laguna madre de Tamaulipas”, aseguran que las huevas de la lisa son el recurso de mayor apreciación y abundancia comercial a nivel internacional después de la hueva de esturión. En muchos países este producto se obtiene de forma semiartesanal costando alrededor de 100 \$·kg⁻¹. Debido a esto, la demanda de las huevas del *Mugil* ha crecido considerablemente en las últimas décadas convirtiéndose en un producto atractivo para los mercados de países como Taiwán, Japón y China. Como consecuencia, como ya se mencionó, se comercializan como sucedáneo del caviar, aunque las ovas son de menor tamaño y son mucho más asequibles económicamente en comparación con aquellas del esturión (Marquina y Vidaurre, 2015; Mouritsen, 2023). Al ser considerada la botarga desde el siglo XX un alimento de lujo y haber aumentado fuertemente la demanda de las huevas de los pescados con las que se confecciona, los mugílidos actualmente son escasos en el Mediterráneo, por este motivo se importan

desde Mauritania, Senegal, Australia, Brasil, México, entre otros (Kung et al., 2008; Uresti et al., 2015).

En este sentido, el alto valor comercial que adquieren las góndadas de lisa durante la época reproductiva propicia que las hembras sean el objetivo de la pesca y predominen en la captura comercial del recurso en cierta época del año haciendo a esta especie vulnerable (Uresti et al., 2015). Por ejemplo, en Estados Unidos, las huevas de lisa representan un margen de exportación de hasta un millón de libras enviadas al extranjero; sin embargo, esta situación ha rezagado el valor en el mercado de la carne de lisa, ya que la calidad de esta es inferior durante la etapa de desove (Waldrop et al., 2019).

Lo anterior da a entender que aun cuando la botarga es un producto con alto valor comercial, este auge comercial vulnera de forma progresiva la conservación y reproducción de la especie (ITC, 2021), al incrementar su captura por lo que es importante una alianza efectiva entre la comunidad científica y el sector productivo acuícola para generar oportunidades de desarrollo en pro de las necesidades del entorno, tal como lo indicó Valenzuela (2022). También lo mencionaron investigadores del Trade Map (Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas), que informaron cómo China, Tailandia, Ecuador y España lideran exportaciones de productos relacionados con la preparación y conservación del pescado, caviar y sus sucedáneos preparados con huevas de pescado, obteniendo valores exportados para el año 2021 de alrededor de 20 millones de dólares (ITC, 2021), cifra muy prometedora para el desarrollo del sector productor acuícola en el área de valor agregado.

Situación en Colombia con respecto al procesamiento de productos pesqueros con valor añadido

En Colombia el desarrollo del sector de producción de valor agregado en productos originarios del pescado ha sido lento y sin una planificación adecuada, basado en pocas especies con relación a la amplia biodiversidad que existe en el país y con muy bajo cubrimiento de la demanda nacional (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

El lento desarrollo de nuevos productos a partir de los “desechos” del procesamiento del pescado se debe principalmente a la falta de acceso a la información, gestión y recursos para el avance investigativo; y especialmente a la marginación que existe para este sector, puesto que las poblaciones dedicadas a la pesca, la cual en el país es mayormente artesanal, se encuentra en situación de pobreza extrema, sin acceso a un sistema educativo, al sistema de salud y a servicios públicos, dificultando el progreso de la población y de la industria acuícola (OCDE, 2016) (figura 3).





Figura 3. A la izquierda, comercializador artesanal de pescado. A la derecha, pescado secado y salado al sol. Ciénaga Grande de Santa Marta.

El pescador artesanal en general cuenta con poco desarrollo tecnológico (figura 4). Su trabajo no es permanente en el tiempo y este depende de la temporada de pesca que puede ser estacional, de los turnos que se pactan para las faenas entre pescadores en cada comunidad y de las calidades técnicas con que cuentan sus aparejos de pesca, que la mayoría de las veces se encuentran en pobres condiciones. Factores como la sobreexplotación conllevan a la poca estabilidad en las capturas que, sumado a la presión pesquera, desempleo y necesidades básicas insatisfechas traen efectos en la tecnificación del producto obtenido. Se calcula que un pescador gana unos $1.500 \text{ USD} \cdot \text{año}^{-1}$, mientras que una mujer en similares condiciones obtiene menos de la mitad de este valor al año (Lavalle et al., 2019).



Figura 4. Tipo de embarcación utilizado por los pescadores artesanales.

Por otro lado, a nivel nacional los principales productos obtenidos en la acuicultura corresponden a especies como tilapia, trucha y camarón, los cuales actualmente generan un alto porcentaje para exportación, siendo, además, especies foráneas, las ícticas, e introducidas de la cuenca del Pacífico al Atlántico, el crustáceo. La acuicultura presenta un mayor nivel de desarrollo a pequeña y mediana escala con relación a la pesca (OCDE, 2016). Según recientes cifras de la Dirección de Cadenas Pecuarias, Pesqueras y Acuáticas, de la Cadena de la Acuicultura (3er Trimestre 2020), en Colombia, hasta el año 2020 se exportaron más de 10.000 toneladas de pescado, distribuido entre camarón tilapia y trucha, por un valor cercano a USD 54,5 millones. Además, se produjeron a nivel nacional alrededor de 133 mil toneladas de pescado y camarón provenientes de 36 unidades productivas como resultado de lo cual, la acuicultura creció alrededor 213% entre 2010 y 2020. Las cifras son sorprendentes si se mira desde la perspectiva de una pandemia que ha llevado a la ruina a múltiples actividades del sector económico, mientras la acuicultura ha crecido increíblemente.

El consumo per cápita en 2019 fue de 7,8 kg de pescado, cifra que también se incrementó. Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), la actividad tuvo un 0,19% en la participación del PIB nacional y de 2,88% en el PIB agropecuario (con una variación positiva del 50% durante el segundo trimestre de 2020), habiéndose incrementado permanentemente los empleos directos e indirectos de la actividad.

En general, la acuicultura marina colombiana, presenta un enorme potencial de cara a la producción de alimentos de alta calidad, para la seguridad alimentaria de los pobladores costeros, ribereños y en general para la población y su potencial de crecimiento es amplio no solo para producir alimento en el país, sino para exportarlo mediante valor agregado. Los recientes avances de la ciencia, relacionados con la reproducción artificial y la producción de alevinos de mugilídos en otros países, incentivan y motivan nuevas posibilidades para su desarrollo en Colombia.

Recientemente, Hanna et al. (2023) en el marco del doceavo “International Symposium on the Reproductive Physiology of Fish (ISRPF)”, destacaron el cierre del ciclo de producción de *M. cephalus* y expusieron su exitoso estudio en el que masculinizaron hembras y las cruzaron con hembras normales para producir 100% hembras, esto con objeto de producir a largo plazo, botarga mediante la acuicultura. Estos estudios se constituyen en un avance que posibilitará la producción de la botarga sin extraer peces del medio natural, sino mediante el empleo de técnicas de acuicultura y feminización, con lo cual mediante esta actividad se contribuye no solo a la conservación del recurso, sino también a generar subproductos con valor agregado que potencian la economía nacional.

Por otro lado, en el país, más del 45% de la materia prima del pescado (proveniente de la pesca o la acuicultura) es considerada como un desecho, en él se incluyen la cabeza, las espinas, viseras, huevas, entre otras, y la carne, es un pequeño porcentaje, que se comercializa y consume. Estos desechos son dispuestos de manera inadecuadas ocasionando impactos negativos en el ambiente (Gaviria, 2021).

En ese impacto ambiental negativo, también se incluye la sobre explotación y la pesca ilegal, otro desafío que enfrenta el sector productivo. Como es el caso que se ha presentado en la Ciénaga Grande de Santa Marta en que se realiza la captura indiscriminada de alevines de especies como la lisa (*M. incilis*), que son empleados como forraje para alimentar los cultivos de otras especies marinas carnívoras como el sábalo (*T. atlanticus*) o el róbalo (*C. undecimalis*), o los utilizan como carnada para la pesca de otros peces, promoviendo la desaparición acelerada de la especie (Correa, 2021). Por lo tanto, puede decirse que el empleo de técnicas acuáticas, como aquellas relacionadas con la reproducción artificial, la feminización y el mejoramiento genético y biotecnológico auguran un mejor panorama para la producción de recursos ícticos que tienen importancia ecológica, económica y gran valor social y cultural.

Conclusión

Sin duda alguna la lisa en el país no se ha valorado de la forma que este amerita, siendo una especie en la que, hasta sus subproductos, como el caso de sus huevas, poseen no solo grandes propiedades nutricionales, sino que también tienen un alto valor comercial, más que la pulpa (carne), un hecho desconocido por los acuicultores y hasta por los mismos pescadores, quienes, en ese afán de tener un sustento, sobreexplotan la especie y categorizan dichos productos como desechos, sin saber lo valiosos que son y las posibilidades que tendrían a largo plazo mediante un comercio justo y sostenible.

En Colombia el sector de la pesca y la acuacultura está rezagado y marginado. Si en el país es difícil tener acceso a los productos básicos de la canasta familiar, o a una educación de calidad, tener acceso a la ciencia, tecnología e innovación es casi imposible para las comunidades acuícolas y pesqueras situadas en zonas de pobreza extrema. Más allá, se hace inalcanzable por el costo que acarrea este tipo de desarrollo para poder ser competitivos ante los grandes mercados internacionales, puesto que, esto no es algo que solo beneficie a una minúscula población.

Es una actividad productiva que puede poner al país en la misma igualdad “social” que otros países desarrollados, explotando al máximo todo su potencial biodiverso. Aunque, este tipo de productos en otros lugares del mundo son un alimento tradicional, en Colombia, por lo menos, la botarga de lisa sería un producto innovador, exquisito y que podría ser el sustituto en el consumo de otros “pasabocas” o “snacks” que no son beneficiosos para la salud como las galletas, dulces, fritos, hasta la carne de res, y pasar a tener un impacto positivo para el ambiente al aprovechar de forma integral a la especie.

Agradecimientos

Este trabajo se desarrolló a partir de la financiación del Sistema General de Regalías (Colombia) al proyecto: “Fortalecimiento de las capacidades institucionales para la investigación del cultivo y reproducción inducida de la lisa (*Mugil incilis*) como una alternativa para su conservación en el Caribe Colombiano Magdalena”, Código BPIN2 021000100084.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

Araneda, M. (2022). *Pescados y mariscos. Composición y propiedades. Educación en Alimentación y Nutrición.* <https://www.edualimentaria.com/pescados-y-mariscos-composicion-y-propiedades>

- Barman, U., Jana, S., Garg, S., Bhatnagar, A. and Arasu, A. (2005). Effect of inland water salinity on growth, feed conversion efficiency and intestinal enzyme activity in growing grey mullet, *Mugil cephalus* (Linn.): Field and laboratory studies. *Aquaculture International*, 13, 241-256.
- Bekhit, A., 2022. *Fish Roe: Biochemistry, products, and safety.* William Andrew Publishing, Oxford.
- Besbes, R., Benseddik, A. B., Kokokiris, L., Changeux, T., Hamza, A., Kammoun, F. and Missaoui, H. (2020). Thicklip (*Chelon labrosus*) and flathead (*Mugil cephalus*) grey mullets fry production in Tunisian aquaculture. *Aquaculture Reports*, 17(), 100380. doi:10.1016/j.aqrep.2020.100380
- Biswas, R. and Samanta, A. (2006). Assessment of physiological strain in inland fishing activity. *All India Institute of Hygiene and Public Health*, 10(1), 19-23.
- Blanco-Racedo, J. (1983). The condition factor of *Mugil incilis* Hancock (Pisces: Mugilidae) and its seasonal changes in the Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia). *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín.* <https://aquadocs.org/handle/1834/3976>
- Blanco, J. A., Viloria, E. A. and Narváez B., J. C. (2006). ENSO and salinity changes in the Ciénaga Grande de Santa Marta coastal lagoon system, Colombian Caribbean. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 66, 157-167.
- Bledsoe, G. E., Bledsoe, C. D., y Rasco, B. (2003). Caviars and fish roe products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43, 317-356.
- Bledsoe, G., y Rasco, B. (2006). *Caviar and fish roe.* Handbook of food science, technology, and engineering (pp. 2867-2886). CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Bronzi, P., Chebanov, M., Michaels, J. T., Wei, Q., Rosenthal, H. and Gessner, J. (2019). Sturgeon meat and caviar production: Global update 2017. *Journal of Applied Ichthyology*, 35(1), 257-266. <https://doi.org/10.1111/jai.13870>
- Bronzi, P., y Rosenthal, H. (2014). Present and future sturgeon and caviar production and marketing: A global market overview. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(6), 1536-1546.
- Brusle, J. (1981). Food and feeding in grey mullet. *Aquaculture of grey mullets.* p. 185-218.



- Cahu, C., Salen, P. and de Lorgeril, M. (2004). Farmed and wild fish in the prevention of cardiovascular diseases: Assessing possible differences in lipid nutritional values. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 14(1), 34-41.
- Cardona L. (2016). *Food and feeding of mugilidae*. In: Crosetti DBS, editor. Biol. Ecol. Cult. Grey mullets. Boca Raton, FL: CRC Press. pp. 165e95.
- Cardona, O. (2001). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo: "Una critica y una revisión necesaria para la gestión". Universidad de los Andes. <https://www.desenredando.org/public/articulos/2001/repvuln/RepensarVulnerabilidadyRiesgo-1.0.0.pdf>
- Caredda, M., Addis, M., Pes, M., Fois, N., Sanna, G., Piredda, G. and Sanna, G. (2018). Physico-chemical, colorimetric, rheological parameters and chemometric discrimination of the origin of *Mugil cephalus* roes during the manufacturing process of Bottarga. *Food Research International*, 108, 128-135.
- Castro, M., Vieira, J. P., Brick Peres, M., Albieri, R. J., Mendonça J. T., Villwock de Miranda, L., Fadré, N. N., Padovani-Ferreira, B., da Silva, F. M. S., Rodrigues, A. M. T. and Chao L. (2015). *Mugil liza*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015. e.T190409A1951047. <http://dx.doi.org.biblioteca.unimagalena.edu.co:2048/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T190409A1951047.en>
- Caviar Centre. (2022). *Botargo/Bottarga*. <https://caviarcentre.com/shop/non-sturgeon-caviar/bottarga-botargo/>
- Cervigon, F. (1993). *Los peces marinos de Venezuela*. Caracas: Fundación Científica Los Roques.
- Cervigon, F., Cipriani, R., Fischer, W., Garibaldi, L., Hendrickx, M., Lemus, A. J., Márquez R., Poutiers, J. M., Robaina, G. y Rodriguez, B. (1992). *Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca*. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. Roma. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 513 p.
- Colil, A. (2019). *Estudio biológico preliminar para cultivo intensivo de Mugil cephalus*. Concepción, Chile. Universidad de Concepción. <http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/626/1/Tesis%20Estudio%20Biológico%20mage.Marked.pdf>
- Commission European. (2021). *Communication from the commission to the European parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. Strategic guidelines for a more sustainable and competitive EU aquaculture for the period 2021 to 2030*. COM/2021/236 Final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/Bem/TXT/?uri=COM:2021:236:FIN>
- Correa, G. (2021). *Continúa depredación de la lisa en la Ciénaga Grande de Santa Marta*. El Heraldo. Hanna Instruments: <https://www.elheraldo.co/magdalena/continua-depredacion-de-la-lisa-en-la-cienaga-grande-de-santa-marta-827410>
- Corrias, F., Atzei, A., Giglioli, A., Pasquini, V., Cau, A., Addis, P., Sarais, G. and Angioni, A. (2020). Influence of the technological process on the biochemical composition of fresh Roe and Bottarga from *Liza ramada* and *Mugil cephalus*. *Foods*, 9(10), 1408. <https://doi.org/10.3390/foods9101408>
- Crosetti, D. (2016). *Current state of grey mullet fisheries and culture*. In: Crosetti D., Blaber S. (Eds). Biol. Ecol. Cult. Grey mullets. Boca Raton, FL. CRC Press. p. 398e450.
- Dalby, A. (2013) [1996]. *Siren Feasts*. Routledge. p. 189. ISBN 0-415-11620-1.
- Eras, N. (2016). *Aplicación de métodos de conservación (congelación en empaque al vacío y conserva en salmuera) de huevas de pescado dorado (Coryphaena hippurus) y determinación de presencia de ácidos grasos tipo omega en la materia prima*. Guayaquil, Ecuador. Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/18030/1/401-1206%20-%20Aplicaci%3B3n%20de%20m%C3%A9todos%20de%20conservaci%3B3n%20de%20huevas%20de%20pescado%20dorado.pdf>
- Eschmeyer, W. and Fricke, R. (2011). *Catalog of fishes*. <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E and Niem, V. H. (1995). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. I. Plantas e invertebrados. Roma, FAO. 646 p.
- Franco, L. y Bashirullah, K. (1992). Alimentación de la lisa (*Mugil curema*) del Golfo de Cariaco-Estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 10(2), 219-238.
- Gaviria, N. (2021). Al menos 45% de residuos de pesca podrían usarse para obtener productos de valor. *Agronegocios*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/al-menos-45-de-residuos-de-pesca-podrian-usarse-para-obtener-productos-de-valor-3264364>
- Gobierno de Mexico. (2021). *Lisa, especie que alimenta a México*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/lisa-especie-que-alimenta-a-mexico#:~:text=La%20lisa%20es%20un%20pescado,color%20entre%20gris%C3%A1ceo%20y%20plateado>
- Gómez-Ortiz, M. G., González Cruz, A., Hernández Tabares, I. (2006). Lisa en el Golfo de México y Mar Caribe.



- Sustentabilidad y Pesca Sustentable en México. pp. 477-502.
- Gonzalez, J., Altamar, J., Cuello, F., y Alvarez, T. (2015). *Comercialización de productos provenientes de la pesca y la acuicultura en los principales centros de consumo en Colombia. Bogota*. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP.
- González-Castro, M., Abachian, V. and Perrotta, R. G. (2009). Age and growth of the stripped mullet *Mugil platanus* (Actinopterygii, Mugilidae), in a Southwestern Atlantic coastal lagoon (37°03' S-57°19' W): a proposal for a life-history model. *J. Appl. Ichthyol.* 25, 61-66.
- González-Castro, M., Ibáñez, A. L., Heras, S., Roldán, M. I. and Cousseau, M. B. (2012). Assessment of lineal versus landmark-based morphometry for discriminating species of Mugilidae (Actinopterygii). *Zool. Stud.*, 51, 1515-1528.
- González-Porto, J., Rangel-Durán, M. R. y Manjarrés-Martínez, L. (2021). *Comercialización de productos pesqueros en 19 ciudades de Colombia durante el periodo enero-diciembre de 2021*. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). Bogotá, 71 p.
- Haq, M., Suraiya, S., Kaizer Ahmmmed, M. and Bekhit, A. El-D. A. (2022). *Fish roe products: Asian perspective*. Bekhit, A. El-D. A. (Ed.). Fish Roe. Chapter 8. Academic Press. pp. 243-281. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819893-3.00008-4>.
- Herbst, D. F. and Hanazaki, N. (2014). Local ecological knowledge of fishers about the life cycle and temporal patterns in the migration of mullet (*Mugil liza*) in Southern Brazil. *Neotrop. Ichthyol.*, 12, 879-890.
- Hughes, J. P. and Wasson, R. G. (1947). The etymology of Botargo. *The American Journal of Philology*, 68(4), 414-418, doi:10.2307/291531, JSTOR 291531
- Hung, C., Lam, J., Connell, D., Lam, M., Nicholson, S., Richardson, B. and Lam, P. (2006). A preliminary risk assessment of organochlorines accumulated in fish to the Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*) in the Northwestern waters of Hong Kong. *Environmental Pollution*, 144(1), 190-196.
- Hsien-Feng, K., Liang-Tan, C., Hsuan-Jung, L., Chung-Saint, L., Ean-Tun, L., Wen-Chieh, C. and Yung-Hsiangm, T. (2008). Chemical characterisation and histamine-forming bacteria in salted mullet roe products. *Food Chemistry*, 110, 480-485.
- Hsu, W. H. and Deng, J. C. (1980). Processing of cured mullet roe. *Journal of Food Science*, 45, 97-101.
- Ibáñez, A. and Gallardo, M. (2004). Reproduction of *Mugil cephalus* and *M. curema* (Pisces:Mugilidae) from coastal lagoon in the Gulf of Mexico. *Bul. Mar. Sci.*, 75(1), 37-49.
- Lavalle Cera, R. y Pretel., J. (2019). *Evaluación y lineamientos enfocados en la formulación del plan de ordenamiento pesquero*. Santa Marta. 40 p.
- Lupatsch, I., Katz, T. and Angel, D. L. (2003). Assessment of the removal efficiency of Wsh farm eZuents by grey mullets: A nutritional approach. *Aquacult. Res.* 34, 1367-1377.
- Marañon, M., Perez, L., Font, O. y Moya, A. (2016). Modelos y ensayos para el estudio de la angiogénesis. *MEDISAN*, 20(1), 102-110.
- Marmol, D., Vitoria, E. y Blanco, J. (2010). Efectos de la pesca sobre la biología reproductiva de la lisa *Mugil incilis* (Pisces:Mugilidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, 39(2), 215-231.
- Marquina, C., y Vidaurre, S. (2015). *Propuesta de exportación de huevas de Lisa (Mugil cephalus) al mercado de Japón 2015*. Pimentel, Peru. Universidad Señor de Sipan.
- Menezes, N. A. e Figueiredo, J. L. (1985). *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil*. Teleostei, V. (Ed.). Museu Zoológico da USP, São Paulo. 100 p.
- MinAgricultura. (2021). *Acuicultura en Colombia: Cadena de la Acuicultura*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Mohamed, A., Bishoy Abib, F., Tawfik, S., Shafik, N. and Khatta, A. R. (2021). Caviar and fish roe substitutes: Current status of their nutritive value, bio-chemical diversity, authenticity and quality control methods with future perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 405-417.
- Ministério da Pesca e Aquicultura, Ministério do Meio Ambiente (MPA/MMA). (2015). *Plano de gestão para o uso sustentável da tainha, Mugil liza Valenciennes, 1836, no sudeste e sul do Brasil*. MAPA/MMA, Brasília, DF.
- Mylonas, C., Grigorakis, K., Rosenfeld, H., Koven, E., Guerrero, L. y Robles, R. (2019). *Potencial biológico y socioeconómico de la Lisa*. International Aquafeed. Disponible: <https://aquafeed.co/entrada/potencial-biologico-y-socioeconomico-de-la-lisa-20896/>



- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the World*. Fourth Ed. John Wiley & Sons, Hoboken. 601 p.
- Nona Morado, C., Fernandes de Andrade-Tubino, M. and Araújo, F. G. (2021). Local ecological knowledge indicates: There is another breeding period in the summer for the mullet *Mugil liza* in a Brazilian tropical bay. *Ocean and Coastal Management*, 205, 105569.
- Nordlie, F. G. (2016). *Adaptation to salinity and osmorregulation in mugilidae*. In: Crosetti, D., Blaber, S. (Eds.). *Biol. Ecol. Cult. Grey mullets*. Boca Raton, FL: CRC Press. 293e323.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). (2016). *Pesca y acuicultura en Colombia*. 34 p.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Organización de las Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2019). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). *El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Agracultura y la Alimentación: <http://www.fao.org/publications/sofia/> 2020/es/
- Perez, I., Chavez, A. y Casas, E. (1999). Presencia de formas parasitarias en peces comerciales del mar Peruano. *Rev. Inv. Vet. de Perú*, 10(1), 34-38.
- Perez, M. (2001). *Biología Pesquera de la LISA Mugil curema en Lagunas Costeras de la Región Autónoma Atlántico Sur, Nicaragua/Manuel Pérez Moreno*. Nicaragua: Bluefields.
- Pomarico, J. (2013). *Indicadores reproductivos de la Lisa Mugil incilis (Hancock, 1830) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia*. Santa Marta, Magdalena, Colombia. Universidad del Magdalena.
- Ramírez, J., Vázquez, M., Uresti, R., Velásquez, G. y Tellez, S. (2006). Aprovechamiento integral de la lisa: alternativa de desarrollo económico para la laguna madre de Tamaulipas. *CienciaUAT*, 1(1), 57-60.
- Revista Naval. (2018). Acuicultura: Top 10 de países de mayo producción acuícola. *Revista del Sector Marítimo. Ingeniería Naval*. <https://sectormaritimo.es/aciicultura-top-10-paises-de-mayor-produccion-acuicola>
- Rey, I. y Acero, A. (2002). *Biodiversidad íctica del caribe colombiano*. Universidad Bogota Jorge Tadeo Lozano. 190 p.
- Romdhane, M. S., Fassatoui, C., Shaeik, M., Rejeb Jenhani, A. B. and Changeux, T. (2019). Mugilids fisheries of Tunisian coasts and lagoons. *Aqua Liv. Resour.*, 32, 6.
- Rosa, A., Isola, R., Nieddu, M. and Masala, C. (2020). The role of lipid composition in the sensory attributes and acceptability of the salted and dried Mullet roes (Bottarga): A study in human and animal models. *Nutrients*, 12(11), 3454. <https://doi.org/10.3390/nu12113454>
- Rosa, A., Nieddu, M., Masala, C., Marincola, F., Porcedda, S. and Piras, A. (2020). Waste salt from the manufacturing process of mullet bottarga as source of oil with nutritional and nutraceutical properties. *J. Sci. Food Agric.*, 100(15), 5363-5372.
- Rosa, A., Scano, P., Melis, P., Deiana, M., Atzeri, A. and Dessi, A. (2009). Oxidative stability of lipid components of mullet (*Mugil cephalus*) roe and its product "bottarga". *Food Chemistry*, 115(3), 891-896.
- Rueda, M. and Defeo, O. (2003). Linking fishery management and conservation in a tropical estuarine lagoon: biological and physical effects of an artisanal fishing gear. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 56, 935-942.
- Ruiz, L., y Vallejo, A. (2013). Parámetros de infección por nemátodos de la familia Anisakidae que parasitan la Lisa (*Mugil incilis*) en la bahía de Cartagena (Caribe Colombiano). *Intropica*, 8(1), 53-60.
- Sahya, M., Kundananji, N., Mohsen, A. and Saber, K (2021). Fish nutritional value as an approach to children's nutrition. *Frontiers in Nutrition*, 8, 780844. DOI=10.3389/fnut.2021.780844
- Santafe, A. (2008). *Bioecología y algunos aspectos pesqueros de los mugilidos (PISCES:Mugilidae) de la bahía de Cispatá, Golfo de Morrosquillo, Caribe colombiano*. 162 p. <http://hdl.handle.net/20.500.12010/17692>.
- Santos-Martínez, A. and Acero, A. (1991). Fish community of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Composition and zoogeography. *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 2(3), 247-263.
- Sarig, S. (1981). *The Mugilidae in polyculture in fresh and brackish water Wshponds*. In: Oren, O.H. (Ed.). *Aquaculture of Grey Mullets*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 391-409.
- Scano, P., Rosa, A., Cesare Marincola, F., Locci, E., Melis, M. P., Dessi, M. A. and Lai, A. (2008). ¹³C NMR, GC and HPLC characterization of lipid components of the salted and dried mullet (*Mugil cephalus*) roe "bottarga". *Chemistry and Physics of Lipids*, 151(2), 69-76.
- Siccha, R., Menezes, N., Nirchio, M., Foresti, F. and Oliveira, C. (2014). Molecular identification of Mullet species of the Atlantic South Caribbean and South America and the phylogeographic analysis of *Mugil liza*. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 22(1), 86-96.



Sukumaran, K. (2021). *Reproductive maturation and induced breeding of two geographical groups of grey mullet, Mugil cephalus Linnaeus, 1758*. Tesis Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736423>.

Thomson, J. (1978). *FAO species identification sheets for fishery purposes*. Western Central Atlantic (Fishing Area 31). Roma: FAO.

Thomson, J. M., (1997). The Mugilidae of the world. Memoir. *Queensl. Mus.*, 41, 457-562.

Trade Map (ITC). (2021). Lista de los exportadores para el producto seleccionado. Producto: 1604 Preparaciones y conservas de pescado; caviar y sus sucedáneos preparados con huevas de pescado. https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=3%7c%7c%7c%7c%7c1604%7c%7c%7c4%7c1%7c2%

Uresti, R., Delgado, D., Martinez, M., Velazquez, G. y Ramirez, J. (2015). *Pesca, procesamiento y calidad nutritiva de la lisa (Mugil cephalus) y la hueva de lisa*. En: Marquez, E., Toro, C. del V., Ocaño, J., Ezquerra, J., Ramirez, A. y Uresti, R.. Análisis, calidad y procesamiento de alimentos en Mexico. Primera ed. pp. 447-469. Ciudad de Mexico, Mexico: Plaza y Valdez Editores. Disponible: https://www.researchgate.net/profile/Norma-Flores-Martinez/publication/342601265_Aplicacion_de_productos_naturales_en_la_elaboracion_de_peliculas_comestibles/

links/5fcb3d2a6fdcc4ca440b826/Aplicacion-de-productos-naturales-en-la-elaboracion-de-peliculas-c

U.S. Agency for International Development. (2007). *Bureau for global programs, field support and research, center for economic growth and agricultural development (2007)*. Final report.

Valencia, A. (2019). *Estrategia de política para el sector de pesca y acuicultura*. Bogota: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Valenzuela, A. (2022). *Bottarga de Lisa, el exclusivo caviar que producen científicos en el Campus UdeC de Chillán*. (N. UdeC, Entrevistador).

Waldrop, T., Main, K., Tarnecki, A., Brennan, N. y Boggis, E. (2019). *Las dietas a base de lisas rayadas son prometedoras como ingrediente de alimentos acuáticos*. Responsible Seafood. <https://www.globalseafood.org/advocate/las-dietas-a-base-de-lisas-rayadas-son-prometedoras-como-ingrediente-de-alimentos-acuaticos/>

Zamora, A. (2005). *Evaluación de impacto socioeconómico asociado a cambios ambientales del ecosistema Ciénaga Grande de Santa Marta en el periodo 1999-2003*. Santa Marta, Colombia: Universidad del Magdalena. 124 p.

Contribución de los autores

Autor	Contribución
Katherine Rocio Obeid-Manjarres	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Adriana Rodríguez-Forero	Revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación, edición del manuscrito y corrección de estilo.





Efecto de distintos niveles de fertilización en el comportamiento agronómico del fréjol Caupí INIAP-463

Effect of different fertilization levels on the agronomic performance of Cowpea bean INIAP-463

Autores

- ✉ ¹Karen Andrade Verduga 
✉ ²Rubén Darío Rivera Fernández 
✉ ³Edisson Wilfrido Cuenca Cuenca 

¹Maestrante del Programa de Maestría de Investigación en Agronomía mención: Agricultura Sostenible, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

²Carrera Agropecuaria, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión Chone, Ecuador.

³Departamento de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Andrade Verduga, K., Rivera Fernández, R. D., Cuenca Cuenca, E. W. (2023). Efecto de distintos niveles de fertilización en el comportamiento agronómico del fréjol Caupí INIAP-463. *La Técnica*, 13(2), 73-78. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v13i2.5375>

Recibido: Diciembre 05, 2022

Aceptado: Mayo 12, 2023

Publicado: Junio 30, 2023

Resumen

La disponibilidad de nutrientes en el suelo es de mucha importancia, puesto que la carencia puede limitar significativamente el rendimiento del fréjol Caupí. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de distintos niveles de fertilización sobre el comportamiento agronómico del fréjol Caupí INIAP-463. Se estudiaron cinco niveles de N-P-K-S aplicados al fréjol Caupí INIAP-463: (T1) 37-3,2-31-9; (T2) 73-6,5-61-17; (T3) 110-9,7-92-26; (T4) 147-13,9-123-35; (T5) 183-16,2-153-43 kg·ha⁻¹, respectivamente. Además, se contó con un testigo al cual no se aplicó fertilizante. Los tratamientos se establecieron en un diseño de bloques completos al azar (DBCA). El cultivo se estableció a un distanciamiento de 1 m entre hilera y 0,5 m entre planta con dos plantas por sitio. Se midieron variables vegetativas como altura de la planta, diámetro del tallo y longitud de la guía; biomasa seca de la raíz, tallo y hoja; y productivas como el rendimiento (kg·ha⁻¹), además, la eficiencia agronómica de NPKS. Las variables vegetativas no fueron afectadas significativamente ($P>0,05$) por los tratamientos de fertilización probados. La biomasa seca de la planta (raíz, tallo y hojas) fueron influenciadas estadísticamente ($P<0,05$) por las dosis de fertilización, donde los tratamientos T1 y T2 lograron los mayores promedios. El rendimiento fue afectado de forma significativa ($P<0,05$) por la fertilización, donde el T1 alcanzó el mayor rendimiento de grano (2.702,9 kg·ha⁻¹) con respecto a los demás tratamientos. Por otro lado, la menor dosis de fertilización incrementó la eficiencia agronómica. Los resultados encontrados permiten concluir que la producción del Caupí INIAP-463 está ligada a la cantidad de nutrientes adicionados donde 37(N)-3,2(P)-31(K)-9(S) kg·ha⁻¹ generó los mayores rendimientos.

Palabras clave: eficiencia agronómica; elementos nutritivos; rendimiento.

Abstract

The availability of nutrients in the soil is of great importance, since deficiencies can significantly limit the yield of Cowpea. The objective of the research was to evaluate the effect of different fertilization levels on the agronomic performance of Cowpea INIAP-463. Five levels of N-P-K-S applied to Cowpea INIAP-463 were studied: (T1) 37-3,2-31-9; (T2) 73-6,5-61-17; (T3) 110-9,7-92-26; (T4) 147-13,9-123-35; (T5) 183-16,2-153-43 kg·ha⁻¹ respectively. In addition, there was a control to which no fertilizer was applied. The treatments were established in a randomized complete block design (RCBD). The crop was established at a distance of 1 m between rows and 0.5 m between plants with two plants per site. Vegetative variables were measured as plant height, stem diameter and guide length; root, stem and leaf dry biomass; and yield (kg·ha⁻¹), as well as NPKS agronomic efficiency. Vegetative variables were not significantly affected ($P>0.05$) by the fertilization treatments tested. Plant dry biomass (root, stem and leaves) were statistically influenced ($P<0.05$) by fertilization doses, where treatments T1 and T2 achieved the highest averages. Yield was significantly ($P<0.05$) affected by fertilization, where T1 achieved the highest grain yield (2,702.9 kg·ha⁻¹) with respect to the other treatments. On the other hand, the lower fertilization dose increased agronomic efficiency. The results found allow concluding that the production of Cowpea INIAP-463 is linked to the amount of nutrients added, being 37(N)-3,2(P)-31(K)-9(S) kg·ha⁻¹ the one that causes the highest yields.

Keywords: agronomic efficiency; nutrients; yield.

Introducción

El fréjol Caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) es un importante cultivo de leguminosa que crece en todo el mundo, principalmente en las regiones tropicales y subtropicales (Kebede y Bekeko, 2020), este producto constituye una valiosa fuente de proteínas en la dieta de millones de personas (Boukar et al., 2019), así como también aporta con vitaminas, minerales y fibra dietética desempeñando un papel importante en la nutrición humana (Devi et al., 2015).

Según lo reportado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2021), en Ecuador el fréjol es cultivado en las regiones costa, sierra y oriente, teniendo un área sembrada de 31.350 ha, con una producción de 17.717 t y un rendimiento de 565 kg·ha⁻¹, el cual se considera bajo en relación a lo que reporta Mendoza et al. (2013), puesto que ellos indicaron que los rendimientos superaron los 1.250 kg·ha⁻¹. Esta afectación en el cultivo de fréjol se debe a que los productores no usan semilla de buena calidad, uso inadecuado de pesticidas, y a la escasa fertilización que se realiza al cultivo, siendo este último uno de los factores que mayormente afecta el rendimiento.

El fréjol a pesar de ser una planta que puede fijar nitrógeno atmosférico a través de las bacterias nitrificantes (Guzmán et al., 2021), este proceso puede ser afectado por factores del suelo y planta (Diatta et al., 2020), por lo que se debe suministrar en las cantidades requeridas por el cultivo, puesto que este nutriente interviene en el metabolismo de aminoácidos y proteínas, necesarios para la generación de follaje (Eckert et al., 2009) y crecimiento. Además del nitrógeno, es necesario aportar con la fertilización de los demás nutrientes que el suelo no pueda suministrárselos a la planta. Bajo estos antecedentes se han encontrado que hay diferentes investigaciones de fertilización en fréjol, donde Quintero et al. (2018) reportaron que mediante la aplicación de bioestimulantes el rendimiento del fréjol aumentó significativamente en relación a las plantas que no llevaron ningún tipo de aplicación, en el mismo sentido, Serna et al. (2020) indicaron que para que el fréjol tuviera un mayor rendimiento fue necesario realizar una aplicación combinada de fertilización química y orgánica.

Por otra parte, en Ecuador, es escasa la información sobre estudios de la nutrición y fertilización en esta leguminosa, por lo que, se desconoce la cantidad real de nutrientes que se debe aplicar al fréjol basado en estudios de análisis químico del suelo y requerimiento del cultivo. Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de distintos niveles de fertilización en el comportamiento agronómico del fréjol Caupí INIAP-463.

Materiales y métodos

El experimento se realizó entre julio y noviembre de 2021 en la Finca Experimental Tigrillo, Universidad Laica Eloy Alfaro

de Manabí, Extensión Chone, ubicada en el Bijagual, parroquia Ricaurte, cantón Chone, localizada geográficamente a una latitud de 0,69819 y longitud de 80,09 y una altitud de 17 msnm. El sitio experimental cuenta con una época seca (junio a noviembre) y lluviosa (diciembre a mayo) bien definida, con una temperatura media anual de 23,4 °C, precipitación anual de 1.068,2 mm y humedad relativa media de 74%. Además, la presencia de formaciones montañosas circundante que aportaron a la formación del valle (Loor y Mendoza, 2022).

El suelo donde se desarrolló la investigación fue plano y profundo, de textura arcillosa en sus primeros 44 cm y estructura columnar y migajosa clasificado como Vertic Haplusters (Vera et al., 2017). Con un contenido químico de bajo en nitrógeno y alto en fósforo, potasio y azufre.

El material experimental fue fréjol Caupí INIAP-463 establecido a un distanciamiento de 0,5 m entre planta y 1 m entre hilera. En el cual se estudiaron cuatro dosis de fertilización a base de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre (N-P-K-S); además, de un testigo con omisión de fertilización. En la tabla 1, se muestran las dosis aplicadas.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Cantidad de nutriente en kg·ha ⁻¹			
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Azufre
T1	37	3,2	31	9
T2	73	6,5	61	17
T3	110	9,7	92	26
T4	147	13,9	123	35
T5	183	16,2	153	43
Testigo	0	0	0	0

Los tratamientos contaron con tres repeticiones, estos se distribuyeron en un diseño de bloques completamente al azar, debido al gradiente de fertilidad que poseen los suelos. Cada unidad experimental contó con 80 plantas, de las cuales se descartaron 44 por efecto borde, y de las 36 plantas restantes en forma aleatoria se seleccionaron 10 para la medición de las variables.

Manejo del experimento

Previo a la siembra se preparó el terreno mediante el arado y rastrado del mismo. La siembra se realizó de manera directa usando dos semillas por sitio a un distanciamiento de 1 m entre hilera y 0,5 m entre plantas. Con el objetivo de evitar daños de insectos tierreros las semillas fueron tratadas con thiodicarb en dosis de 20 cc·kg⁻¹. Una vez germinadas se realizó controles de malezas periódicas evitando que interfiera con el cultivo. El control de insectos chupadores se realizó con aplicaciones de Imidacloprid en dosis de 1 cc·L⁻¹. Para la fertilización se realizó un hoyo en el suelo donde se encontraba la zona radical de la planta, y se adicionó el fertilizante en cuatro fracciones (tabla 2)



debido a que se optimizó el proceso de absorción de nutrientes en plantas. Se efectuaron dos riegos por semana en función de los requerimientos hídricos del cultivo mediante riego localizado. La cosecha fue manual durante cuatro semanas y realizando dos pases de cosecha por semana.

Tabla 2. Fraccionamiento de la fertilización en función de los elementos nutricionales.

Fraccionamiento	Porcentaje de nutriente aplicado			
	N	P	K	S
1ra 10 dds	10	100	10	10
2da 20 dds	20	0	20	20
3ra 40 dds	30	0	30	30
4ta 55 dds	40	0	40	40

Abreviaturas: dds: días después de la siembra.

Variables evaluadas

Variables vegetativas: la altura de planta fue registrada desde la base del tallo hasta el punto apical de la misma y se midió a los 20 y 30 días después de la siembra (dds). El diámetro del tallo (cm) se midió a los 20 y 30 dds, a los 20 cm de la base del tallo utilizando un vernier. La longitud de la guía se midió a los 20 dds, donde el dato fue registrado desde el tallo hasta el punto apical.

Biomasa seca del fréjol (g): las raíces, tallos y hojas fueron separadas y lavadas con agua destilada, para estimar esta variable, cada órgano se secó con papel absorbente para eliminar el exceso de agua y luego las muestras se colocaron en fundas de papel para ser secadas en una estufa a 70 °C hasta obtener biomasa constante, luego se registró la biomasa seca de cada muestra. El rendimiento ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) fue estimado con la suma de las cosechas realizadas durante cuatro semanas.

Eficiencia agronómica de nutrientes (AE): se expresó como la cantidad adicional de rendimiento del grano por unidad de nutriente aplicado (Baligar et al., 2001).

$$AE = \frac{\text{Rendimiento (Fertilizado)}(kg) - \text{Rendimiento (testigo)}(kg)}{\text{Cantidad de nutrientes aplicando} (kg)} \text{ kg kg}^{-1}$$

Análisis de los datos

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y la separación de medias con la prueba de Tukey ($P<0,05$). Además, se midió la asociación entre la variable eficiente agronómica y la dosis de fertilización. El procesamiento de los datos se realizó con el Software estadístico InfoStat versión 2018 (Di Rienzo et al., 2018).

Resultados y discusión

En la tabla 3, se presentan los valores promedios de los parámetros vegetativos evaluados al fréjol Caupí INIAP-643 sometido a diferentes dosis de fertilizantes. Cada variable evaluada no mostró influencia estadística ($P>0,05$), lo que sugirió que las diferentes dosificaciones de fertilizante no provocaron cambios significativos en las variables vegetativas puesto que se presentaron valores similares a los alcanzados por el tratamiento testigo. Estos resultados difirieron a los encontrados por Kawaka et al. (2018), quienes concluyeron que el crecimiento del fréjol

se vio beneficiado cuando hubo aplicación química de nutrientes. La altura de la planta a los 20 dds presentó un promedio entre 27,3 y 29 cm y aumentó entre 47,3 y 49,3 cm a los 30 dds. El diámetro del tallo presentó un incremento de 0,5 cm entre 20 y 30 dds. La longitud de la guía presentó valores con variaciones muy leves con promedios entre 75,6 y 77,6 cm.

Tabla 3. Promedio de las variables vegetativas del fréjol Caupí INIAP-463 bajo la influencia de diferentes dosis de fertilización.

Dosis de N-P-K-S	Altura de la planta (cm)		Diámetro del tallo (cm)		Longitud de la guía (cm)
	20 dds	30 dds	20 dds	30 dds	
37-3,2-31-9	28,3	48,3	1,03	1,50	76,0
73-6,5-61-17	29,0	47,3	1,04	1,50	77,6
110-9,7-92-26	29,0	47,4	1,12	1,43	76,7
147-13,9-123-35	27,3	49,3	0,98	1,43	75,8
183-16,2-153-43	27,3	47,2	1,03	1,57	76,8
0-0-0-0	28,3	49,3	1,03	1,37	75,6
Probabilidad	0,9	0,90	0,60	0,70	0,9
Error estándar	1,8	2,65	0,05	0,10	1,8

A diferencia de las variables vegetativas la biomasa seca de la raíz, tallo y hoja presentaron diferencias estadísticas significativas ($P<0,01$), lo que sugirió la influencia de la dosis del fertilizante entre los tratamientos. Resultados similares fueron hallados por Kumar et al. (2022) cuando aplicó nutrientes a las plantas. En todas las variables se evidenció que la omisión de fertilización logró los menores promedios, mientras que los mayores promedios se lograron con la dosis 37-3,2-31-9 (N-P-K-S), y a medida que se incrementaron las cantidades de nutrientes los valores de las variables analizadas disminuyeron (tabla 4).

Con respecto a la variable productiva, el rendimiento fue influenciado significativamente ($P<0,01$) por las dosis de fertilización evaluadas, donde los valores mostraron consistencia con los encontrados en la tabla 4, dado que la dosis de 37-3,2-31-9 (N-P-K-S) alcanzó el mayor rendimiento con $2.702,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tabla 5). Los resultados encontrados sugirieron que el cultivo de fréjol respondió positivamente a la fertilización con base a N-P-K-S, lo que concordó con lo propuesto por Mirbolook et al. (2021), quienes mencionaron que la aplicación de fertilizantes mejoró el crecimiento, rendimiento y calidad del fréjol. Sin embargo, esta investigación mostró que la aplicación excesiva de las dosis de fertilizantes provocó una disminución de la productividad, lo que se corroboró con lo encontrado por Li et al. (2019), puesto que proporciones inadecuadas de N, P y K afectaron la absorción y utilización de otros nutrientes, debido al desequilibrio que se generó (Xie et al., 2021; Saha et al., 2022), lo que afectó negativamente y redujo el crecimiento y rendimiento de las plantas.

Estos resultados fueron similares a los encontrados por Yin et al. (2018), quienes indicaron que la producción de semillas por vaina disminuyó significativamente con el aumento de las dosis



de fertilización. Por otra parte, Carvalho et al. (2018) indicaron que para poder nutrir a una planta eficientemente se debe realizar la fertilización en función a las necesidades del cultivo, con lo cual se pude potenciar su productividad.

Tabla 4. Promedio de la biomasa seca de diferentes órganos del fréjol caupí INIAP 463 sometidos a la influencia de la dosis de fertilización.

Dosis de N-P-K-S	Biomasa de la raíz (g·pl ⁻¹)	Biomasa del tallo (g·pl ⁻¹)	Biomasa de la hoja (g·pl ⁻¹)
37-3,2-31-9	3,7 a	52,9 a	24,2 a
73-6,5-61-17	3,5 ab	48,5 ab	21,4 a
110-9,7-92-26	3,3 bc	44,4 bc	15,7 b
147-13,9-123-35	3,1 cd	41,7 c	13,9 b
183-16,2-153-43	2,9 cd	40,4 cd	11,4 bc
0-0-0-0	2,8 d	35,3 d	9,01 c
Probabilidad	<0,001	<0,001	<0,001
Error estándar	0,08	1,08	0,93

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticas según Tukey al 0,05. Abreviaturas: pl= planta.

Tabla 5. Parámetros productivos de fréjol Caupí INIAP-463 sometido a diferentes dosis de fertilización.

Dosis de N-P-K-S	Rendimiento (kg·ha ⁻¹)
37-3,2-31-9	2.702,9 a
73-6,5-61-17	2.482,1 b
110-9,7-92-26	2.316,8 c
147-13,9-123-35	2.112,0 d
183-16,2-153-43	1.909,3 e
0-0-0-0	1.737,6 f
Probabilidad	<0,001
Error estándar	34,3

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticas según Tukey al 0,05.

En la figura 1, se muestra la relación de la eficiencia agronómica en cada elemento y la cantidad de nutrientes aplicados al cultivo de fréjol INIAP-643; además, se observó el comportamiento potencial evidenciando que el incremento en la cantidad de nutrientes provocó una disminución de la eficiencia agronómica. El fósforo presentó la mayor eficiencia agronómica con 325 kg de grano por cada kg de P aplicado. El nitrógeno y potasio con similares comportamientos y el azufre con 112 kg·kg⁻¹.

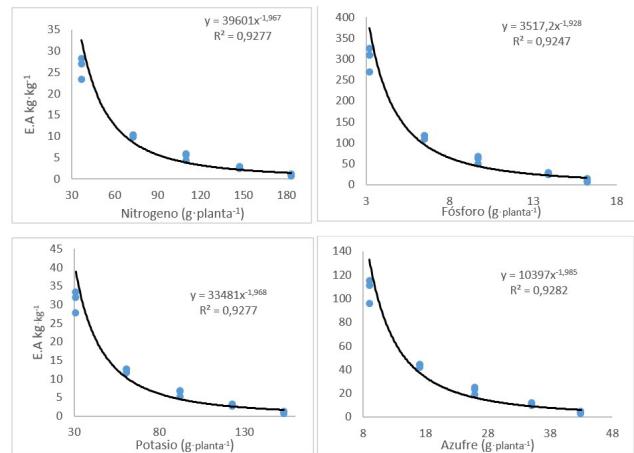


Figura 1. Relación de los elementos nutricionales aplicados al fréjol Caupí INIAP-463 y la eficiencia agronómica (EA).

Por el general la eficiencia agronómica disminuyó con el aumento de las dosis de aplicación de nutrientes (Argaw et al., 2015), lo que pudo ser provocado por algún desbalance nutricional del cultivo, originado a cambios en la constitución de la solución del suelo (Puentes-Páramo et al., 2014).

Conclusión

El crecimiento del frejol no se ve influenciado por las dosis de fertilización aplicadas; sin embargo, la fertilización obtuvo una respuesta de la planta cuando se evaluó la generación de biomasa seca, rendimiento y eficiencia agronómica de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre, presentando sus mejores resultados, cuando se aplicó la menor dosis de nutrientes (37-3,2-31-9 kg NPKS·ha⁻¹), lo que sugiere que con un exceso de fertilización se provocaría un desbalance nutricional y se perjudica al desarrollo normal del fréjol.

Referencias bibliográficas

- Argaw, A., Mekonnen, E. and Muleta, D. (2015). Agronomic efficiency of N of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in some representative soils of Eastern Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 1(1), 1074790. <https://doi.org/10.1010/80/23311932.2015.1074790>
- Baligar, V. C., Fageria, N. K. and He, Z. L. (2001). Nutrient use efficiency in plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(7-8), 921-950. <https://doi.org/10.1081/CSS-100104098>
- Boukar, O., Belko, N., Chamarthi, S., Togola, A., Batieno, J., Owusu, E., Haruna, M., Diallo, S., Lawan Umar, M., Olufajo, O. and Fatokun, C. (2019). Cowpea (*Vigna unguiculata*): Genetics, genomics and breeding. *Plant Breeding*, 138(4), 415-424. <https://doi.org/10.1111/pbr.12589>



- Carvalho, M. D., Nascente, A. S., Ferreira, G. B., Mutadiua, C. A. and Denardin, J. E. (2018). Phosphorus and potassium fertilization increase common bean grain yield in Mozambique. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22, 308-314. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n5p308-314>
- Devi, C. B., Kushwaha, A. and Kumar, A. (2015). Sprouting characteristics and associated changes in nutritional composition of cowpea (*Vigna unguiculata*). *Journal of Food Science and Technology*, 52, 6821-6827. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1832-1>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., y Robledo, C. W. InfoStat. (2017). *Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias*. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Diatta, A. A., Thomason, W. E., Abaye, O., Thompson, T. L., Battaglia, M. L., Vaughan, L. J. and Lo, M. (2020). Assessment of nitrogen fixation by mungbean genotypes in different soil textures using ¹⁵N natural abundance method. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20(4), 2230-2240. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00290-2>
- Eckert, F. R., Kandel, H. J., Johnson, B. L., Rojas-Cifuentes, G. A., Vander-Wal, A. J., Deplazes, C. and Osorno, J. M. (2009). Row spacing and nitrogen fertilization effect on architectural traits and yield loss of dry bean varieties under direct harvest. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.*, 52, 126-127. http://www.bic.uprm.edu/wp-content/uploads/2018/05/BIC_2009_volume_52.pdf
- Guzmán Duchen, D. and Montero Torres, J. (2021). Interacción de bacterias y plantas en la fijación del nitrógeno. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 8(2), 87-101. <https://riiarn.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/194/174>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2021). *Boletín técnico de encuesta de superficie y producción agropecuaria continua 2021*. Unidad de Estadísticas Agropecuarias.
- Kawaka, F., Dida, M., Opala, P., Ombori, O., Maingi, J., Amoding, A. and Muoma, J. (2018). Effect of nitrogen sources on the yield of common bean (*Phaseolus vulgaris*) in western Kenya. *Journal of Plant Nutrition*, 41(13), 1652-1661. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1458870>
- Kebede, E. and Bekeko, Z. (2020). Expounding the production and importance of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1), 1769805. <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1769805>
- Kumar, A. T., Somasundaram, E. and Thavaprakaash, N. (2022). Influence of various organic nutrient sources on dry matter partitioning and physiological parameters of vegetable cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.). *Biological Forum—An International Journal*, 14(2), 1575-1579.
- Li, Z., Zhang, R., Xia, S., Wang, L., Liu, C., Zhang, R., Fan, Z., Chen, F. and Liu, Y. (2019). Interactions between N, P and K fertilizers affect the environment and the yield and quality of satsumas. *Global Ecology and Conservation*, 19, e00663. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00663>
- Loor-Palma, K. D. y Mendoza-Minaya, M. M. (2022). *Determinación de las características físicas del suelo de la Finca Experimental Tigrillo de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión Chone*. Tesis de Licenciatura. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Chone, Ecuador.
- Mendoza Zambrano, H., López, M., J. C. and Mejía, Z., N. (2013). *INIAP-462 e INIAP-463: Variedades de caupi de alto rendimiento para el Litoral ecuatoriano*. Portoviejo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Programa de Horticultura.
- Mirbolook, A., Rasouli-Sadaghiani, M., Sepehr, E., Lakzian, A. and Hakimi, M. (2021). Synthesized Zn (II)-amino acid and-chitosan chelates to increase Zn uptake by bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40(2), 831-847. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10151-y>
- Puentes-Páramo, Y., Menjivar-Flores, J. y Aranzazu-Hernández, F. (2014). Eficiencias en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Bioagro*, 26(2), 99-106. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612014000200004&lng=es&nrm=iso
- Quintero Rodríguez, E., Calero Hurtado, A., Pérez Díaz, Y. y Enríquez Gómez, L. (2018). Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. *Centro Agrícola*, 45(3), 73-80. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000300073&lng=es&nrm=iso
- Saha, S., Verma, B. C., Bhaduri, D. and Roy, S. (2022). Management of phosphorus-zinc antagonism to improve nutrient use efficiency. *Food and Scientific Reports*, 3(5), 40-42.
- Serna, S. A., Barrios, M. A., Díaz-Nájera, J. F. and Morales, A. M. B. A. J. (2020). Rendimiento de frijol ejotero con manejo químico, biológico y orgánico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 201-208. Memorias.
- Vera, L., Mesías, F., Cedeño, A., Guzmán, A., Hernández, A. y Zambrano, D. (2017). *Aportes al conocimiento edafológico para lograr la agricultura sostenible del sistema Carrizal-Chone*. 1ra edición: Editorial Humus. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Calceta, Manabí-Ecuador. 188 p. https://www.researchgate.net/profile/Angel_Guzman_Cedeno/publication/330968102_Aportes_al_conocimiento_edafologico_para_lograr_la_agricultura_sostenible_del_sistema_Carrizal_-Chone/links/5c5d9cdb299bf1d14cb4b3f8/Aportes-al-conocimiento-edafologico-para-lograr-la-agricultura-sostenible-del-sistema-Carrizal-Chone.pdf



Xie, K., Cakmak, I., Wang, S., Zhang, F. and Guo, S. (2021). Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plants. *The Crop Journal*, 9(2), 249-256. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.10.005>

Yin, Z., Guo, W., Xiao, H., Liang, J., Hao, X., Dong, N., Leng, T., Wang, Y., Wang, Q. and Yin, F. (2018). Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization to achieve expected yield and improve yield components of mung bean. *PLOS ONE*, 13(10), e0206285. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206285>

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Karen Andrade Verduga	Revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito
Rubén Darío Rivera Fernández	Participó en la preparación y edición del manuscrito, interpretación de los datos y edición del manuscrito.
Edisson Wilfrido Cuenca Cuenca	Diseño de la investigación, discusión de los resultados, revisión del contenido del manuscrito y corrección de estilo.





Impacto de la aplicación de cobertura vegetal en el cultivo de arroz

Impact of application of vegetable covering on rice cultivation

Autores

- ✉ ¹Sebastián Zayas Infante 
✉ ¹Norton Ignacio Peña Aguilera 
✉ ²Mario Adelfo Batista Zaldívar 

¹Centro Universitario Municipal “Calixto García”, Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”, Cuba.

²Departamento de Química, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Resumen

La producción de alimentos en la actualidad es motivo de preocupación de políticos, empresarios e investigadores, debido al incremento de la población mundial y la disminución de la capacidad productiva de los suelos, provocado por su manejo insostenible. El arroz es uno de los alimentos más consumido en el mundo, por lo que incrementar su rendimiento de forma sostenible es una necesidad impostergable. El objetivo de la investigación fue evaluar la aplicación de la siembra de arroz con cobertura vegetal en una unidad de producción agropecuaria cubana como una alternativa ecológica para elevar los rendimientos en el cultivo. Se estableció un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, se utilizó la paja de arroz como cobertura vegetal en la parcela experimental versus la forma tradicional de cultivo, en la cual no se utilizó cobertura. Para el procesamiento de los datos recopilados se realizó un análisis de varianza y la comparación de medias por la prueba t de Student con una probabilidad de error del 5%. Fueron evaluados los indicadores morfológicos (altura de la planta, número de hojas y número de hijos) y agroproductivos (m^3 de agua consumida por hectárea, rendimiento, biomasa de 1.000 granos, número de granos por panícula y número de panículas por m^2). Los resultados demostraron que en el tratamiento donde se empleó la cobertura vegetal se obtuvieron mayores rendimientos y menor consumo de agua.

Palabras clave: cobertura vegetal; indicadores morfológicos; paja de arroz; rendimiento.

Abstract

Food production is currently a matter of concern for politicians, business people and researchers, due to the increase in world population and the decrease in the productive capacity of soils, caused by unsustainable management. Rice is one of the most consumed foods in the world, so increasing its yield in a sustainable way is an urgent need. The objective of the research was to evaluate the application of rice planting with vegetative cover in a cuban agricultural production unit as an ecological alternative to increase rice yields. A randomized block design with three replications was established; rice straw was used as a cover crop in the experimental plot versus the traditional form of cultivation, in which no cover crop is used. For the processing of the data collected, an analysis of variance and the comparison of means by Student's t-test with a probability of error of 5% were carried out. Morphological indicators (plant height, number of leaves and number of progeny) and agro-productive indicators (m^3 of water consumed per hectare, yield, biomass of 1,000 grains, number of grains per panicle and number of panicles per m^2) were evaluated. The results showed that higher yields and lower water consumption were obtained in the treatment where the vegetative cover was used.

Keywords: vegetative cover; morphological indicators; rice straw; yield.

Recibido: Marzo 27, 2023

Aceptado: Junio 19, 2023

Publicado: Junio 30, 2023

Introducción

La producción de alimentos tiene en la época actual una importancia decisiva ante el acelerado incremento de la población mundial, por lo que la agricultura, como principal actividad desarrollada por el hombre con este fin, deberá cumplir con estas expectativas.

Para el logro de tales propósitos, el productor agrario ha experimentado un profundo cambio, sobre todo en las últimas décadas y de agricultor, ha pasado a ser considerado empresario. Esto se debe a la evolución de la política agraria común, a la modernización agraria y a la globalización de la economía. A esto se suma que actualmente las producciones agropecuarias deberán desarrollarse bajo los principios de la sustentabilidad (Escobar, 2009; Kassam et al., 2015; Gómez y Lara, 2016; Ruiz et al., 2016).

El arroz es uno de los productos agrícolas más consumidos en el mundo. Los países asiáticos son los mayores consumidores. En Latinoamérica es el cuarto alimento más consumido, por lo que es base fundamental para la seguridad alimentaria. El cultivo del arroz demanda de gran cantidad de agua (FAO, 2019). En los países en vías de desarrollo predominan las reducciones en el rendimiento de la producción de arroz bajo riego por esta causa.

Asimismo, la productividad del arroz es afectada por varios factores, a saber: i) alto costo de los insumos agrícolas necesarios para su cultivo; tales como fertilizantes y plaguicidas, ii) escases de agua para el riego, iii) compactación y erosión de los suelos, entre otras (Guzmán y Serrata, 2018).

La tecnología de siembra directa es asumida cada vez más por los productores. Actualmente se encuentra difundida en Estados Unidos, Australia, Canadá, Paraguay, Uruguay, Brasil, Argentina, Venezuela; y en la India, Nepal y Pakistán en menor escala. La siembra directa viene creciendo a un ritmo acelerado a nivel mundial. Con 19,3 millones de hectáreas, Estados Unidos es el país que ha alcanzado la mayor difusión en términos de área cultivada, le sigue Brasil con 12 millones, Australia con 8,6 millones; Argentina con 7,3 millones; Canadá con 4,1 millones y Paraguay con 800.000 ha (Dabalá, 2009; Pognante et al., 2011; Derpsch et al., 2015; Nocelli, 2017).

La tecnología de siembra directa, que implica la utilización de cobertura vegetal permanente durante el cultivo, proporciona varias ventajas entre las que se destacan el incremento de la fertilidad y la actividad biológica del suelo, la reducción de la compactación y de la erosión, con un impacto positivo en los rendimientos del cultivo (Ciacci, 2014). Incluso, a corto plazo permite incrementar la cantidad de materia orgánica en el suelo mediante la fase, bastante rápida, de humidificación (Gros y Domínguez, 1992), pues "...se forma el humus joven, de evolución rápida, [que] ... todavía no está fijado o ligado a

las partículas del suelo, sino simplemente mezclado con ellas, tiene una relación C/N superior a 15, es sede de una intensa actividad microbiana y se le puede considerar como un elemento fundamental de la fertilidad del suelo" (Julca et al., 2006, p.50).

Quirós y Ramírez (2019), citando a Pecorari (1998) y Bull (1993), refirieron que: "Los rastrojos y residuos vegetales en descomposición forman una cobertura protectora sobre la superficie del suelo, moderan los cambios de temperaturas en éste, facilitan la infiltración del agua y limitan la evaporación" (p.54). Asimismo, estos autores sostuvieron que la cobertura vegetal evitó la erosión hídrica o eólica, amortiguó el impacto de las gotas de lluvia, redujo la formación de superficies endurecidas (encostramiento) y mitigó el agrietamiento del suelo por la rápida pérdida de humedad.

En Cuba se realizaron experiencias para aplicar esta tecnología en dos municipios del país: en Río Cauto, de la provincia Gramma; y en Majibacoa, de Las Tunas; auspiciado por la Organización No Gubernamental (ONG) GTZ de la antigua República Federal Alemana.

El arroz (*Oryza sativa*) es uno de los renglones productivos más importantes de la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) "Guillermón Moncada", entidad pionera en este cultivo en el territorio. Este cultivo es de vital importancia para la alimentación de la población, actualmente se importan volúmenes considerables de este renglón con el consiguiente impacto en la economía del país, por lo que reviste gran importancia el incremento de los rendimientos en la producción nacional de este cultivo.

En virtud de lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la aplicación de la siembra de arroz con cobertura vegetal en el comportamiento de diferentes variables del crecimiento vegetativo y el rendimiento en la CPA "Guillermón Moncada".

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la CPA "Guillermón Moncada", ubicada en la comunidad Los Itabos, municipio "Calixto García", provincia Holguín, Cuba. La experiencia se desarrolló en el periodo correspondiente a la campaña de invierno 2019-2020, el cultivo antecesor fue la calabaza.

El experimento se realizó sobre un suelo pardo sialítico carbonatado (Hernández et al., 2015) y se empleó un diseño de bloques al azar con dos tratamientos (testigo y tratamiento) y tres repeticiones por cada uno, y fueron evaluadas 10 plantas seleccionadas de forma aleatoria y en los surcos del centro de cada parcela experimental. Para la evaluación se empleó la variedad de arroz IAC-36.

Se emplearon parcelas experimentales de 4 m² para cada tratamiento (Fuentes et al., 2008; Castro et al., 2011); el método



de siembra utilizado fue el de trasplante de forma manual, de plántulas procedentes del semillero con 21 días de edad y el marco de plantación fue de 0,20 m x 0,20 m.

La técnica de riego usada fue aplicación de lámina de agua, la misma consistió en mantener la parcela anegada con una capa de agua de 10 cm de altura, sin afectar el crecimiento del cultivo. La cobertura vegetal utilizada para el tratamiento consistió en restos de cosecha (paja verde) del arroz.

Los tratamientos empleados fueron los siguientes:

Testigo: parcelas sin emplear cobertura vegetal, que constituyó el sistema tradicional para la siembra del arroz, razón por la cual se seleccionó este sistema de cultivo como testigo.

Tratamiento: empleo de cobertura vegetal (paja verde de arroz). Anteriormente en el área se cultivó calabaza, al disponerse de gran cantidad de paja de arroz en áreas cercanas se empleó como cobertura vegetal y de esta forma aprovechar el nitrógeno que la misma aporta al suelo al descomponerse, se cubrió totalmente cada parcela experimental donde se aplicó este tratamiento con una capa de 10 cm de espesor.

Las variables evaluadas en los distintos tratamientos y las metodologías utilizadas fueron:

Altura de la planta a los 15, 45 y 60 días de efectuado el trasplante

Se utilizó una regla graduada en las primeras fases del ciclo vegetativo del cultivo y luego una cinta métrica. El procedimiento empleado consistió en colocar el instrumento de medición de forma vertical al lado de la planta seleccionada, haciendo coincidir el valor cero con la superficie del suelo y determinar la altura de la planta por la lectura obtenida. Se midió la altura de 10 plantas seleccionadas de forma aleatoria por cada parcela experimental.

Número de hojas formadas a los 15, 45 y 60 días

Se seleccionaron los plantones a muestrear al azar, se tomó una planta principal por plantón y se determinó la cantidad de hojas formadas.

Número de hijos a los 15, 45 y 60 días

Se seleccionaron los plantones a muestrear al azar y se contó el número de hijos presentes en cada uno.

Ciclo productivo en días

Se determinó la cantidad de días empleados desde el trasplante hasta la cosecha.

Cantidad de m³ de agua consumida por tonelada de arroz de cáscara húmedo producido

Se determinó la cantidad de m³ de agua consumida en cada variante y réplica. Este indicador se determinó por la vía del cálculo; es decir, se determinó el volumen de agua aplicado en cada parcela (mediante un medidor de agua ULTRATEC UWM-BT acoplado al sistema de riego), y la frecuencia de la aplicación de la lámina de agua. En el caso de las parcelas donde se aplicó la siembra con cobertura vegetal fue necesario aplicar una menor

frecuencia de la lámina y de esta forma se determinó la diferencia de m³ de agua consumida entre el sistema tradicional (no utilizó cobertura vegetal) y la siembra con cobertura vegetal.

Rendimiento agrícola

Definido a través de la cosecha de un área de 4 m² (2 m x 2 m) en cada variante replicada y expresado en t·ha⁻¹ al 14% de humedad del grano mediante la fórmula siguiente (ecuación 1), adaptada de Financière Agricole du Québec Développement International (FADQDI, 2018):

$$RA = \frac{10 \times BM \times (100 - HM)}{86 \times AC} \quad (1)$$

Donde:

RA= rendimiento agrícola al 14% de humedad del grano en t·ha⁻¹.

10= factor de corrección de kg·m² a t·ha⁻¹.

BM= biomasa de la muestra de arroz en kg.

HM= humedad del grano en el momento de medir su biomasa en %.

86= factor de corrección de la humedad del grano al 14%.

AC = área de cálculo cosechada en m².

Biomasa de 1.000 granos en gramos

Se determinó la biomasa de 1.000 granos a partir de una muestra de 200 granos por variante y multiplicado por cinco.

Número de granos llenos por panícula (granos llenos·panícula⁻¹)

Se realizó el conteo del número de granos llenos por panícula mediante la selección de 10 panículas al azar en cada variante y réplica.

Número de panículas por m² en un marco de 0,25 m² en cada variante cosechada por réplica

Se confeccionó un marco de madera de 0,25 m² y se colocó de forma horizontal de manera que en su interior se agruparan las panículas de las plantas y luego se realizó el conteo de las mismas y se multiplicó por cuatro.

Análisis económico

Se realizó la valoración económica a partir de los resultados teniendo en cuenta los costos y beneficios aportados por las diferentes variantes estudiadas.

El procesamiento estadístico de los datos obtenidos se realizó mediante un análisis de varianza y la comparación de medias por la prueba t de Student con una probabilidad de error del 5%, así como un análisis de correlación entre los indicadores seleccionados para determinar de ellos quiénes influyeron en los incrementos de los rendimientos agrícola por hectárea, utilizando el coeficiente de Kendall empleando el Software estadístico SPSS (Versión 19.0, 2013).

Resultados y discusión

El comportamiento de los principales indicadores morfológicos a los 15 días después de efectuado el trasplante, no presentó diferencias significativas en ninguna de las variables evaluadas;

Tabla 1. Resultados de los parámetros morfológicos evaluados en el experimento.

Tratamientos	Cantidad de hojas a los:			Altura de la planta (cm) a los:			Número de hijos a los:		
	15 días	45 días	60 días	15 días	45 días	60 días	15 días	45 días	60 días
Sin cobertura vegetal	8,0 a	22,9 a	30,6 a	30,3 a	45,9 a	53,0 a	2,0 a	13,5 a	19,4 a
Con cobertura vegetal	9,0 a	33,5 b	36,8 b	31,5 a	51,4 b	57,3 b	2,5 a	21,0 b	26,0 b
Coeficiente de variación (%)	2,7	9,36	9,45	2,88	10,2	10,1	2,87	9,67	9,69
Error estándar	0,5	1,57	2,18	0,5	1,63	2,32	1,03	2,79	2,73

* Medias con letras diferentes por columna difirieron significativamente.

En relación con el indicador: altura de la planta, se apreció que con el empleo de la siembra con cobertura vegetal (tratamiento), las plantas alcanzaron una altura mayor, esto se debió en gran medida al aporte de nitrógeno realizado por la descomposición de la paja de arroz empleada como cubierta vegetal; resultados similares fueron obtenidos por Hurtado et al. (2011), cuando plantearon que la altura de la planta en el cultivo del arroz se incrementó ante el aumento en las dosis de fertilizante nitrogenado. Asimismo, Quirós y Ramírez (2019) plantearon que: “A medida que ocurre la degradación de los rastrojos son producidos compuestos orgánicos solubles en agua y nutrientes que son aprovechados por el cultivo...” (p. 55).

Las diferencias significativas entre ambas tecnologías para el número de hijos estuvieron relacionadas con que el ahijamiento, constituyó una característica varietal que puede cambiar según el sistema de cultivo y el ambiente donde se desarrolló (Guzmán y Serrata, 2018). En este caso, tanto el testigo como el tratamiento, se desarrollaron en condiciones ambientales controladas similares, pues entre las parcelas testigo (sin cobertura vegetal) y tratamiento (con cobertura vegetal) se utilizaron las mismas técnicas y procedimientos agrícolas para el cultivo del arroz, así como este se desarrolló bajo el efecto de variables climatológicas similares, dígase: precipitación, temperatura, humedad, entre otras; por lo que, se supone que la mayor cantidad de hijos en el tratamiento se debió a la tecnología utilizada para su cultivo.

El análisis demostró que, de forma general, en el tratamiento con cobertura se alcanzaron resultados superiores sobre el testigo en cuanto a cantidad de hojas, altura de la planta y número de hijos en las diferentes etapas vegetativas evaluadas, lo cual pudo estar dado por el nitrógeno aportado por la descomposición del material utilizado como cubierta vegetal, lo que coincidió con lo planteado por Quirós y Ramírez (2019), quienes refirieron que

sin embargo, para las evaluaciones efectuadas a los 45 y 60 días, sí se apreciaron diferencias significativas entre la siembra sin cobertura vegetal (testigo) y la siembra con cobertura vegetal (tratamiento) en los tres indicadores evaluados (tabla 1).

Tabla 1. Resultados de los parámetros morfológicos evaluados en el experimento.

Tratamientos	Cantidad de hojas a los:			Altura de la planta (cm) a los:			Número de hijos a los:		
	15 días	45 días	60 días	15 días	45 días	60 días	15 días	45 días	60 días
Sin cobertura vegetal	8,0 a	22,9 a	30,6 a	30,3 a	45,9 a	53,0 a	2,0 a	13,5 a	19,4 a
Con cobertura vegetal	9,0 a	33,5 b	36,8 b	31,5 a	51,4 b	57,3 b	2,5 a	21,0 b	26,0 b
Coeficiente de variación (%)	2,7	9,36	9,45	2,88	10,2	10,1	2,87	9,67	9,69
Error estándar	0,5	1,57	2,18	0,5	1,63	2,32	1,03	2,79	2,73

los rastrojos de arroz aportaron 68 kg de nitrógeno, en forma de amonio y nitrato, por cada hectárea.

Con respecto a la duración del ciclo productivo en días, este fue el mismo, tanto para el testigo como para el tratamiento con cobertura, y en la tabla 2 se muestran los resultados en los otros indicadores evaluados.

En los cinco indicadores evaluados, a saber: cantidad de m^3 de agua consumida por parcela, rendimiento agrícola, biomasa de 1.000 granos; número de granos llenos por panículas y número de panículas por m^2 , hubo diferencias significativas entre el tratamiento (con cobertura vegetal) y el testigo (sin cobertura vegetal), y en todos los casos mostraron mayores resultados en las parcelas donde se aplicó la siembra con cobertura vegetal.

En cuanto a la cantidad de m^3 de agua consumida por parcela, se constató que en el caso de los tratamientos con cobertura vegetal el consumo de agua fue inferior en un 40%; por lo que se ahorraron 6.800 m^3 de agua por hectárea como promedio, lo que confirmó lo planteado por Ruiz et al. (2016). Asimismo, Yaguache (2022) planteó que cuando un suelo “...no presenta protección de la incidencia directa de la radiación solar, la humedad tiene mayor probabilidad de evaporarse que de escurrirse por gravedad...” (p. 24).

Este ahorro de agua fue de vital importancia para el desarrollo de este cultivo en el territorio, si se tiene en cuenta que en los últimos años se ha incrementado el período seco, lo que representó un elevado impacto ambiental y económico; pues el costo del agua requerida para regar una hectárea fue de 85,00 CUP, y al lograrse esta disminución se obtuvo un ahorro de 34,00 CUP por cada hectárea en la que se empleó la cobertura vegetal.

Con respecto a los rendimientos se corroboró que hubo mejores resultados en el tratamiento con cobertura que en el testigo, al



lograrse un incremento promedio en el rendimiento, lo cual se debió, fundamentalmente, a que se lograron incrementos significativos en los indicadores: biomasa de 1.000 granos, número de granos llenos por panícula y cantidad de panículas por m^2 , los cuales fueron componentes del rendimiento en este

cultivo (Ricetto et al., 2017). Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Canet et al. (2004) quienes obtuvieron rendimientos superiores a $2\ t\cdot ha^{-1}$ con el empleo de abono verde y constataron un incremento de la materia orgánica en el suelo a más de un 3%.

Tabla 2. Resultados en los otros indicadores evaluados.

Tratamientos	Ciclo productivo (días)	m^3 de agua consumidos·parcela experimental ⁻¹	RA ($t\cdot ha^{-1}$)	Biomasa de 1.000 granos (g)	Número de granos llenos·panícula ⁻¹	Número de panículas· m^2
Sin cobertura vegetal	110	10,8 a	5,1 a	25,2 a	83,6 a	276 a
Con cobertura vegetal	110	6,4 b	8,2 b	28,5 b	107,6 b	319 b
Coeficiente de variación (%)		9,88	9,74	9,23	9,86	9,92
Error estándar		0,5	0,5	0,8	1,05	0,9

*Medias con letras diferentes por columna difirieron significativamente.

Asimismo, la cobertura vegetal provocó la descomposición de las malezas y, con ello, se consideró que aumentó la cantidad de nitrógeno en el suelo. Esto justifica que haya un incremento en los indicadores que tributaron al rendimiento agrícola y confirmó lo planteado por Cadena et al. (2021), quienes refirieron que: "La interferencia de las malezas en el cultivo de arroz disminuye los rendimientos de forma variable..." (p. 86), y en el estudio que realizaron corroboran que una de las principales causas del bajo rendimiento fue la presencia de malezas, coincidiendo con lo señalado por Nakandakari (2017).

A partir de la comparación de las medias del tratamiento con cobertura con respecto al testigo utilizando la prueba t de Student, se constató que hubo diferencias significativas entre estas para un error del 5%, por lo que se afirmó con un nivel de confianza del 95% que la siembra con cobertura vegetal aplicada mejoró significativamente los rendimientos de arroz por hectárea. Cadena et al. (2021) corroboraron que el mal manejo de la cobertura vegetal afectó la sustentabilidad económica y ecológica en el cultivo del arroz.

Se realizó además un análisis de correlación para determinar los indicadores que influyeron en los incrementos de los rendimientos por hectárea utilizando el coeficiente de Kendall que permitió determinar la correspondencia entre diferentes variables. Los resultados aparecen en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis de correlación entre los indicadores seleccionados para determinar los que influyeron en los incrementos de los rendimientos por hectárea utilizando el coeficiente de Kendall.

	RA	Bio-masa 1000G	Núm GLLxP	Núm Pxm ²	Núm Hijos
RA	1,000	1,000	1,000	1,000	-0,333
Peso1000G	1,000	1,000	1,000	1,000	-0,333
Núm GLLxP	1,000	1,000	1,000	1,000	-0,333
Núm Pxm ²	1,000	1,000	1,000	1,000	-0,333
Núm Hijos	-0,333	-0,333	-0,333	-0,333	1,000

Abreviaturas: RA: rendimiento agrícola, Biomasa 1000G: biomasa de 1.000 granos en gramos, Núm GLLxP: Número de granos llenos por panícula (granos llenos·panícula⁻¹), Núm Pxm²: Número de panículas por m^2 en un marco de 0,25 m^2 , Núm Hijos: Número de hijos.

Se constató que los indicadores: biomasa de 1.000 granos, número de granos llenos por panículas y el número de panículas por m^2 , tuvieron una fuerte correlación con el rendimiento agrícola, y el número de hijos fue un indicador que presentó una correlación negativa.

En el análisis de correlación realizado se corroboró que los indicadores que influyeron directamente en el rendimiento del arroz por hectárea fueron: biomasa de 1.000 granos, número de granos llenos por panículas y el número de panículas por m^2 , lo cual coincidió con lo planteado por Ruiz et al. (2016), Ricetto et al. (2017) y Guzmán y Serrata (2018).

Análisis económico

Para la producción de una hectárea de arroz se gastaron 6.094,33 CUP y se alcanzaron rendimientos de $5,1\ t\cdot ha^{-1}$; por lo que el costo de producción de cada tonelada de arroz ascendió a 1.194,97 CUP. El ingreso que se obtuvo por tonelada de arroz cáscara húmeda producida fue de 3.960,00 CUP; de modo que se logró una ganancia de 2.765,03 CUP por cada tonelada producida.

Con la aplicación de la siembra con cobertura vegetal se obtuvo un incremento promedio de $3,1\ t\cdot ha^{-1}$; lo que representó un aumento en las utilidades de 7.920,00 CUP. Por concepto de disminución de los gastos se ahorraron 220,72 CUP por cada hectárea, que representó un ahorro total de 2.962,06 CUP. Además, el costo de producción de cada hectárea se redujo de 0,45 a 0,27 CUP.

Conclusiones

El empleo de la paja verde de arroz como cobertura vegetal favoreció el desarrollo vegetativo en este cultivo, por lo que el empleo de la siembra con cobertura vegetal ofrece ventajas desde el punto de vista agronómico, evidenciadas en el incremento de los rendimientos y la disminución del impacto ambiental, optimizando el consumo de agua.

La siembra con cobertura vegetal aplicada para la producción de arroz es económica y ambientalmente más factible que la siembra sin cobertura vegetal, pues disminuye el costo de producción, el costo por peso y se incrementan las utilidades; así como se reduce el consumo de agua en dicho cultivo, por lo que se recomienda

se desarrolle futuras investigaciones dirigidas a su aplicación en sistemas de producción en condiciones de secano.

Agradecimientos

Los autores de esta investigación desean agradecer el apoyo y colaboración brindado por las autoridades correspondientes de la Cooperativa de Producción Agropecuaria “Guillermón Moncada” y el Centro Universitario Municipal de “Calixto García” adscrito a la Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

- Abril, D., Navarro, E. y Abril, A. J. (2011). El manejo de la paja de arroz II. *Alternativas de aprovechamiento [ponencia]*. V Encuentro Internacional del Arroz, La Habana, Cuba.
- Cadena-Piedrahita, D., Helfgott-Lerner, S., Drouet-Candell, A., Cadena-Piedrahita, L. y Montecé-Mosquera, F. (2021). Sustentabilidad de los sistemas de producción de arroz situados dentro del sistema de riego y drenaje Babahoyo, Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 8(2), 84-94. <https://doi.org/10.26423/rctu.v8i2.522>
- Canet, R., Cabello, R. y Chaviano, M. (2004). Sustitución de la fertilización mineral por el abono verde Sesbania rostrata brem en variedades de arroz de ciclo corto. *Revista Cubana del Arroz*, 6(1), 16-19. <https://docplayer.es/45618413-Sustitucion-de-la-fertilizacion-mineral-por-el-abono-verde-sesbania-rostrata-brem-en-variedades-de-arroz-de-ciclo-corto.html>
- Castro-Álvarez, R., Morejón-Rivera, R., Díaz-Solis, S. H. y Álvarez, G. E. (2013). Efecto de borde y la validez de los muestreos en el cultivo del arroz. *Cultivos Tropicales*, 34(2), 70-75. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000200011
- Ciacci, M. B. (2014). *Influencia de las coberturas vegetales sobre el comportamiento del cultivo del duraznero y sobre los atributos del suelo*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Litoral. <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/608/tesis.pdf?sequence=1>
- Dabalá, L. (2009). *Guía de siembra directa*. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.
- Derpsch, R., Lange, D., Birbaumer, G. and Moriya, K. (2015). Why do medium- and large scale farmers succeed practicing CA and small-scale farmers often do not? experiences from Paraguay. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 22(16), 110-124. <https://doi.org/10.1080/14735903.2015.1095974>
- Escobar, H. (2009). *Estrategia para el desarrollo sostenible de la CPA “Julio Díaz González”*. Universidad de Las Tunas.
- Financière Agricole du Québec Développement International (FADQDI). (2018). *Protocolo de evaluación del rendimiento real (kg/ha)*. FADQDI: Bogotá. https://www.finagro.com.co/sites/default/files/protocolo_de_muestreo_para_la_operacion_de_la_poliza.pdf
- FAO. (2019). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos*. <https://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf>
- Fuentes-Nordet, F. E., Abreu, E. E., Fernández, E. y Castellanos, M. (2008). *Experimentación Agrícola*. F. Varela.
- Gómez-Pando, L. R., Soplín-Villacorta, H., Sosa-Peralta, G. y Heros-Aguilar, E. C. (2017). Siembra directa: una alternativa para mejorar la sustentabilidad del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el Perú. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 6, 13-26. <https://doi.org/10.5377/payds.v6i0.5716>
- Gómez, L. E. y Lara, R. G. (2016). *Efecto de cultivos de cobertura en el control de malezas, aporte de materia seca y la biodiversidad de artrópodos del suelo*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5850>
- Guzmán-Familia, M. y Serrata-Núñez, J. R. (2018). *Evaluación de dos sistemas de producción: Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (*Oryza sativa* L.) y Convencional en Ranchito, La Vega*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Santo Domingo. <https://docplayer.es/105903199-Evaluacion-de-dos-sistemas-de-produccion-sistema-intensivo-del-cultivo-de-arroz-oryza-sativa-l-y-convencional-en-ranchito-la-vega.html>
- Hernández-Jiménez, A., Pérez-Jiménez, J. M., Bosch-Infante, D. y Castro-Speck, N. (2019). Clasificación de los suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*, 40(1), a15-e15. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v40n1/1819-4087-ctr-40-01-e15.pdf>
- Hurtado, Y., Hernández, F. y Moredo, A. (2011). *Alternativas de fertilización nitrogenada con humus de lombriz para el arroz no especializado [ponencia]*. V Encuentro Internacional del Arroz, La Habana, Cuba.
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florían, L., Blas-Sevillano, R. y Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura.

- Idesia*, 24(1), 49-61. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
- Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R. and Kienzle, J. (2015). Overview of the worldwide spread of conservation agriculture. *Field Actions Science Reports*, 8, 1-11. <http://journals.openedition.org/factsreports/3966>
- Nakandakari, L. (2017). Problemas fitosanitarios en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Universidad Nacional Agraria La Molina, 55. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2988/H10-N35-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nocelli-Pac, S. (2017). Evolución de la siembra directa en Argentina: Campaña 2016-2017. Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (Aapresid).
- Pognante, J., Bragachini, M. y Casini, C. (2011). Siembra directa. Ediciones INTA.
- Quirós, R. y Ramírez, C. (2019). Rastrojos, materia orgánica y nitrógeno en un arrozal inundado. *Revista de Ciencias Ambientales*, 29(1), 53-62. <https://doi.org/10.15359/rca.29-1.5>
- Ricetto, S., Capurro, M. C. y Roel, A. (2017). Estrategias para minimizar el consumo de agua del cultivo de arroz en Uruguay manteniendo su productividad. *Agrociencia Uruguay*, 21(1), 109-119. http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2301-15482017000100109&script=sci_abstract&tlang=es
- Ruiz-Sánchez, M., Muñoz-Hernández, Y., Dell'amico, J. M. y Polón-Pérez, R. (2016). Manejo del agua de riego en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) por trasplante, su efecto en el rendimiento agrícola e industrial. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 178-186. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2649.8800>
- Yaguache-Ordóñez, L. A. (2022). Humedad y almacenamiento de agua en el suelo en cuatro tipos de cobertura vegetal. *Ciencia y Tecnología*, 15(1), 19-24. <https://doi.org/10.18779/cyt.v15i1.539>

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Sebastián Zayas Infante	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Norton Ignacio Peña Aguilera	Análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito y corrección de estilo.
Mario Adelfo Batista Zaldívar	Análisis e interpretación de los datos y revisión del contenido del manuscrito y corrección de estilo.



Fluctuación poblacional de *Chaetanaphothrips signipennis* Bagnall y *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot en una plantación bananera

Population fluctuation of *Chaetanaphothrips signipennis* Bagnall and *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot in a banana crop

Autores

- ✉ *Salomón Barrezueta-Unda 
✉ Bryan Leonardo Cabezas Zhumi 

Universidad Técnica de Machala,
Facultad de Ciencias Agropecuarias. Vía
Panamericana km 5½. Machala, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Resumen

La principal plaga que afecta a los frutos del banano es *Chaetanaphothrips signipennis* Bagnall (Thysanoptera:Thripidae), conocido como el trips de la mancha roja del banano. Una forma de control es mediante enemigos naturales introducidos como el ácaro *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari:Physeiidae). En este contexto, el objetivo fue comparar la fluctuación poblacional de *C. signipennis* y *A. swirskii* en banano, durante 12 semanas posterior a la introducción del ácaro. En una bananera de 66,40 ha, se aplicó 250 ácaros en todos los racimos recién embolsados, luego se delimitó una parcela de 6 ha que se dividió en tres tramos (inicio, medio y final). En cada tramo fueron seleccionadas al azar 60 plantas de 1,30 a 1,60 m de alto. El conteo de *C. signipennis* se realizó en los hijos de sucesión entre los márgenes del interior de los peciolos, al igual que *A. swirskii*, lugar donde lo depredó al trips en estudio. La suma de las poblaciones por semana fue muy heterogénea, *C. signipennis* sumó 1.147 trips, inferior al registro de *A. swirskii* de 4.860 ácaros. Las poblaciones de *C. signipennis* se redujeron desde la segunda semana, pero se volvió a incrementar en la semana 11, a diferencia de *A. swirskii* que se incrementó cada dos semanas. La distribución poblacional de *C. signipennis* en las tres parcelas fue agregada, concentrando la mayor población entre el centro y el final de las parcelas. Distribución diferente en *A. swirskii* que mostró una distribución homogénea en todas las parcelas. No se encontró una relación entre la temperatura que varió de 26,6 a 29,0 °C al momento de los conteos.

Palabras clave: ácaro; control biológico; trips; tasa poblacional.

Abstract

The main pest of banana fruit is *Chaetanaphothrips signipennis* Bagnall (Thysanoptera:Thripidae). It is known as the banana red spot thrips. Introduced natural enemies such as the mite *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari:Physeiidae) are one form of control. In this context, the objective was to compare the population fluctuation of *C. signipennis* and *A. swirskii* in banana during 12 weeks after the introduction of the mite. In a 66.40 ha banana plantation, 250 mites were applied to all freshly bagged bunches. Then, a 6 ha plot was delimited and divided into three sections (beginning, middle and end). In each section, 60 plants between 1.30 and 1.60 m tall were randomly selected. *Chaetanaphothrips signipennis* was counted between the borders of the interior of the petioles, as well as *A. swirskii*, where it feeds on the thrips of interest. The sum of the populations per week was very heterogeneous, *C. signipennis* totaled 1,147 thrips, lower than the *A. swirskii* record of 4,860 mites. The populations of *C. signipennis* decreased from the second week but increased again in week 11, unlike *A. swirskii* which increased every two weeks. The population distribution of *C. signipennis* in the three plots was aggregated. The largest population was concentrated between the middle and the end of the plots. The distribution of *A. swirskii* was different. It showed a homogeneous distribution in all plots. No relationship was found between temperature, which varied from 26.6 to 29.0 °C at the time of counting.

Keywords: mites; biological control; thrips; population rate.



Introducción

El banano (*Musa* spp.) es una planta herbácea, cuyo fruto es consumido en todo el mundo por su alto nivel de potasio y por su agradable sabor, pero también es una fuente importante de ingresos económicos para los países donde se cultivan (Escobar-García y Andrade, 2021). Sin embargo, las plagas representan un desafío significativo para la producción de banano, tanto convencional como orgánico, en especial en países como Ecuador.

En la producción de banano orgánico en Ecuador, las pérdidas ocasionadas por plagas representan un desafío significativo debido a las restricciones en el uso de pesticidas sintéticos. En particular, los insectos del orden Thysanoptera, comúnmente conocidos como trips, que afectan el racimo floral del banano desde su emergencia, causando daños significativos (Valladolid, 2016). Entre los más importantes: *Frankliniella parvula* Hood y *F. brevicaulis* Hood, que ocasionan lesiones en forma de pústulas ásperas al tacto, distribuidas por toda la superficie del fruto en forma aleatoria (Clercx et al., 2014; García-Sarabia et al., 2015). *Chaetanaphothrips signipennis* Bagnall (Thysanoptera:Thripidae), conocido como el trips de la mancha roja o trips del óxido rojo del banano, es el que más daño causa al fruto (Valladolid, 2016; Delgado et al., 2021; McGuire y Northfield, 2021). *Chaetanaphothrips signipennis* ha provocado pérdidas en la producción de bananos, en especial en las bananeras orgánicas de Ecuador que reportaron el rechazo del 30 al 60% de la producción en el año 2011 (Valladolid, 2016).

Las condiciones óptimas para el establecimiento *C. signipennis*, se dan en regiones con altas temperaturas ($> 28^{\circ}\text{C}$) y bajas precipitaciones ($< 350 \text{ mm}\cdot\text{anual}^{-1}$). En el litoral sur de Ecuador (provincia de El Oro y Santa Elena) y el norte del Perú (departamentos de Tumbes y Piura), las condiciones climáticas son las óptimas para que las poblaciones de *C. signipennis* se incrementen en las bananeras (Clercx et al., 2014; Valladolid et al., 2020). Otro factor de incremento de las poblaciones de *C. signipennis*, es por el uso de insecticidas (ej.: Imidacloprid, Diazinon, Piretrina, entre otros), utilizados para su control, pero que ha disminuido sus enemigos naturales (Delgado et al., 2021).

Los daños que causan *C. signipennis* en los frutos lo deprecian para su comercialización. Este daño es derivado por la ovoposición de las hembras adulta en el fruto recién emergido. Una vez eclosionados, las ninfas se alimentan del látex que emerge del tejido por efecto de la ovoposición produciendo una mancha de color rojo (Clercx et al., 2014; Arias de López et al., 2018; McGuire y Northfield, 2021). Los racimos afectados por *C. signipennis* son rechazados por no cumplir las condiciones del mercado aun cuando los daños son superficiales (Clercx et al., 2014). También puede causar daño al alimentarse de los tejidos reproductivos de las plantas, como los estambres y pistilos de las

flores (Arias de López et al., 2018). Además, *C. signipennis* es conocido por ser un vector de virus vegetales, transmitiéndolos de una planta a otra durante su alimentación. *Chaetanaphothrips signipennis* en las plantas jóvenes (hijos de sucesión), se alimentan en las vainas de las hojas, da como resultado unas características marcas oscuras en forma de V en la superficie exterior de los pecíolos de las hojas (Hara et al., 2002).

El manejo tradicional de los trips en las bananeras se ha centrado en el control químico mediante bolsas impregnadas con insecticidas (Arias de López et al., 2018). Bisane et al. (2017) indicó que el control mecánico como el retirar las flores y racimos infectados con trips no es un método efectivo.

Por otra parte, la demanda de productos que provengan de granjas libres de químicos en el proceso de producción sea incrementado en los últimos años (McGuire y Northfield, 2021). Esta demanda ha impulsado la investigación en el control biológico, para reducir la dependencia de agroquímicos y combatir la resistencia de las plagas al uso de insecticidas (Hara et al., 2002). Para el control biológico se utilizan depredadores o parasitoides de los órdenes hymenópteros y dípteros; pero en el caso específico de los thysanópteros los ácaros son los enemigos naturales de este orden, probado con éxito en varios cultivos de hortalizas en invernaderos (Nguyen et al., 2013).

Una alternativa eficaz para el control biológico de los trips, especialmente en su etapa de ninfa, es la introducción de ácaros fitoseídos (Fathipour y Maleknia, 2016). Estos depredadores tienen una alta tasa reproductiva y un desarrollo rápido, lo que les permite adaptarse a la densidad de presas (Calvo et al., 2015). Además, su proporción de sexos sesgada hacia las hembras favorece su capacidad de reproducción, facilitando así su cría masiva (Fathipour y Maleknia, 2016). En España se ha utilizado con éxito *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acarina:Phytoseiidae), ácaro de hábito depredador originario de la cuenca oriental del mar Mediterráneo entre Israel, Italia, Chipre y Egipto (Carrizo et al., 2017). La forma de actuar de los ácaros adultos es buscando a su presa y una vez que la encuentran la succiona la hemolinfa en estado de larva o de ninfas (Swirski et al., 1973; Nguyen et al., 2013; Acosta-Guadarrama et al., 2017).

La introducción de *A. swirskii* como un agente de control biológico está disponible como producto comercial desde 2005, con reportes positivos en el control de *Scirtothrips dorsalis* Hood, *F. occidentalis* y *Bemisia tabaci* Gennadius para pimiento morrón, ají picante y en plantas ornamentales, respectivamente (Arthurs et al., 2009; Calvo et al., 2015). En el caso de las plantaciones de banano afectadas por *C. signipennis*, la introducción de *A. swirskii* se conoce muy poco. Siendo conveniente el registro de las poblaciones de *C. signipennis* y *A. swirskii*, en los hijos de las plantas de banano, para realizar una comparación entre poblaciones. En este marco, el objetivo

fue comparar la fluctuación poblacional de *C. signipennis* y *A. swirskii* en una plantación de banano.

Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en una plantación comercial de banano ubicada en la zona de Chanduy, provincia de Santa Elena (Ecuador), entre las siguientes coordenadas geográficas: 80°43'14,06" W, y 2°19'42,66" S. La superficie sobre la cual se realizó la investigación fue de 64,40 ha, cultivadas con el clon de banano Cavendish. En la zona, el clima es Tropical Seco, el promedio de temperatura es de 29 °C, la humedad promedio de 91% y la precipitación anual entre 125 a 150 mm. La clase textural del suelo predominante en la zona es Franco-Arcillo-Arenoso.

Características de la plantación bananera

El terreno es irregular, presentó variaciones de altura de 1 a 4 m. El uso del suelo es reciente, menos de 3 años de incorporado a la explotación bananera. La densidad de plantas fue de 2.100 por hectárea, con un sistema de siembra de doble hilera, con 2 m entre plantas, 1 m entre hileras y 3 m entre calles. El sistema de riego utilizado fue presurizado, y el programa de fertilización se realizó con dosis mensuales de N, P₂O₅ y K₂O. Los controles de maleza se realizaron de forma mecánica. Se utilizaron fundas tratadas con insecticida para el control de plagas en el racimo. Para el traslado de los frutos cosechados en el campo hacia la empacadora se empleó un cable vías.

Diseño de la investigación

La investigación fue exploratoria, debido a que no se encontró información publicada de la fluctuación poblacional de *A. swirskii* en plantaciones de banano, así como tampoco para el control trips. El nivel que se alcanzó fue de tipo descriptivo transversal, porque se tomaron varios registros a diferentes plantas en un lapso de tiempo, para encontrar características entre las poblaciones.

El trabajo inició con la introducción en toda la bananera de *A. swirskii*, acaro que es comercializado en Ecuador por la empresa Koppert con la marca Ulti-Mite Swirski. Los ácaros se encuentran en fundas de aproximadamente 250 especímenes. El producto (Ulti-Mite Swirski) se aplicó sobre los racimos recién enfundados. El proceso de registro de los adultos de *C. signipennis* y *A. Swirskii*, inicio 30 días después de introducir los ácaros.

Para delimitar el trabajo a un área más pequeña fue necesario establecer una parcela de 6 ha de forma rectangular ubicadas en el centro de la bananera. La parcela se dividió en tres tramos iguales (inicio, medio y final). A continuación, se realizó el muestreo durante 12 semanas entre los meses de enero a marzo de 2021. En cada muestreo fueron seleccionadas al azar 60 plantas por cada tramo de las parcelas (total 180 plantas). Las plantas tuvieron entre 1,30 a 1,60 m de altura entre la base del pseudotallo y la primera bifurcación de las hojas. El recorrido de muestreo se realizó en zig-zag, con el objetivo de cubrir todos los tramos. Las plantas en la siguiente semana se fueron descartando, porque su

tamaño estaba fuera del criterio de selección. Esto fue porque, las plantas entraron en su fase reproductiva (emergencia del racimo), y en el transcurso de las 12 semanas la mayoría de las plantas fueron embolsadas con fundas tratadas con insecticidas. Por otra parte, no se realizó otra aplicación de *A. swirskii*, en la bananera; por tanto, los conteos se realizaron en plantas que todavía no emergió su racimo.

Para localizar a los especímenes en estudio, se tomó en cuenta los criterios de Clercx et al. (2014) y Arias (2017). Los investigadores indicaron que las ninfas y adultos de *C. signipennis*, saltaron del racimo floral hacia el interior de las vainas que conforman el pseudotallo, esto sucedió cuando el exocarpio del fruto se endureció a partir de la segunda semana de emergido el furto. Clercx et al. (2014) indicaron que *A. swirskii* atacó a las ninfas de *C. signipennis* en los hijos de sucesión del banano, específicamente en los márgenes interiores del pecíolo, lugar donde se recolectaron los especímenes con la ayuda de una lupa de 20 x (figura 1). Los especímenes capturados en cada planta se depositaron en un frasco con alcohol al 80%. Terminado el muestreo, se llevaron los frascos al laboratorio para ser observados en un estereoscopio óptico de 100 x (Leica DM 500). Para identificarlos se utilizaron las claves de identificación descritas por Arias (2017) para *C. signipennis* y de Carrizo et al. (2017) para *A. swirskii*. El registro solo se realizó para los adultos de ambas especies.

El conteo de los especímenes se realizó entre las 07:00 a 08:00 am con un intervalo semanal. También se tomó el registro por triplicado de la temperatura con un termómetro portátil en el interior de cada lote y por tramos (Paredes-Freire 2021).



Figura 1. Conteo de *Chaetanaphothrips signipennis* Bagnall y *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot, entre los bordes interiores de las hojas.

Proceso estadístico

El registro de los datos se realizó en un archivo de Excel y el análisis estadístico con el programa estadístico SPSS. Se estimó: suma y valores máximos y mínimos, para realizar un análisis descriptivo. También se realizó correlación de Pearson para determinar la relación entre la temperatura y los especímenes en estudio.

Resultados y discusión

Fluctuación de temperatura y poblaciones de *C. signipennis* y *A. swirskii*

La figura 2, muestra la fluctuación de temperatura en las 12 semanas (S) en que se desarrolló el conteo de *C. signipennis* y *A. swirskii*. La fluctuación de la temperatura fue entre 25,8 y 29,1 °C, valores que correspondieron a las semanas 5 y 12, respectivamente. Mientras el rango más homogéneo de la temperatura fue entre las semanas 7 y 11 (28,0 y 27,4 °C, respectivamente), periodo que correspondió al mes de febrero y marzo de 2021.

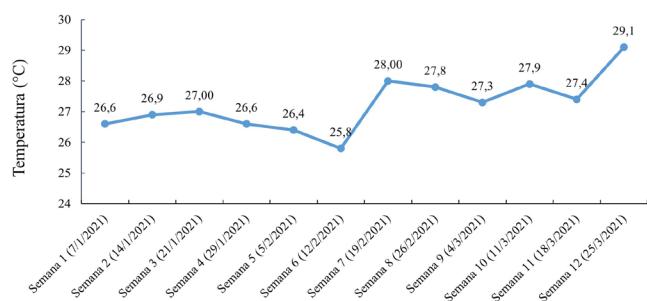


Figura 2. Promedio de temperaturas registradas en las parcelas durante 12 semanas.

Tabla 1. Matriz de correlación de Pearson.

	Temperatura (°C)	<i>C. signipennis</i>	<i>A. swirskii</i>
Temperatura (°C)	1	-0,030	-0,035
<i>C. signipennis</i>	-0,030	1	0,033
<i>A. swirskii</i>	-0,035	0,033	1

Se realizó una correlación con una significancia entre 1 y 5% entre la temperatura y el número de individuos contabilizados de *C. signipennis* y *A. swirskii*, sin una relación entre los datos obtenidos (tabla 1).

La fluctuación poblacional de ambos especímenes fue muy heterogénea durante las 12 semanas. Las poblaciones de *C. signipennis* y *A. swirskii* sumada por semana al compararse no mostraron un patrón homogéneo de incremento o de disminución de los especímenes adultos (figura 3). En general, la fluctuación poblacional acumulada de *C. signipennis*, en todas las semanas estuvieron por debajo de los registros de *A. swirskii*, que sobrepasó los 500 ácaros, en las semanas cinco (545 ácaros), seis (582 ácaros) y 12 (504 ácaros). Mientras que, los valores más alto de *C. signipennis* fueron en la semana dos (275 trips) y semana 11 (235 trips). En la semana tres, cumplido 51 días después de la introducción *A. swirskii*, no se capturó en el muestreo especímenes de *C. signipennis*, mientras el registro de *A. swirskii* en esa semana fue de 421 ácaros. Luego en la semana

cuatro, la población de *C. signipennis* se incrementó a 155 trips y *A. Swirskii* disminuyó a 271 ácaros.

La suma total acumulada por parcela de *C. Signipennis* durante las 12 semanas fue de 1.147 trips, valor inferior a la población acumulada por parcela de *A. swirskii* de la cual se registraron 4.860 ácaros (tabla 2). En algunas plantas no se registró adultos de *C. signipennis*, pero el valor máximo por planta registrado alcanzó los 125 trips. La fluctuación de *A. swirskii* por planta fue de cero en algunas plantas hasta un valor máximo de 45 ácaros.

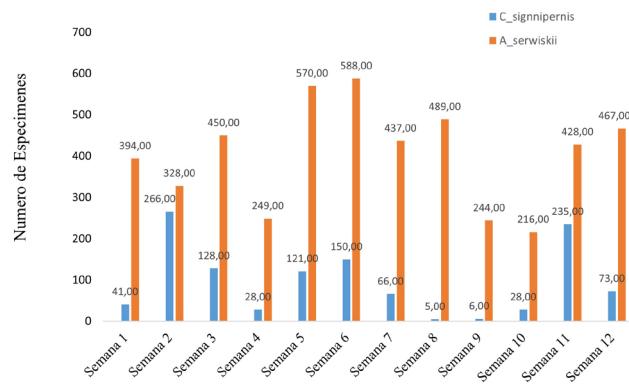


Figura 3. Gráficas de total por semana de *C. signipennis* y *A. swirskii*.

Tabla 2. Resumen estadístico descriptivo de *C. signipennis* y *A. swirskii*.

	Mínimo	Suma	Máximo
<i>C. signipennis</i>	0	1.147	125
<i>A. swirskii</i>	0	4.860	45

La comparación entre la temperatura y la fluctuación poblacional de *C. signipennis* y *A. swirskii* no guardó un patrón definido, tampoco pudo establecer la existencia de una relación entre la fluctuación poblacional con *C. signipennis* y *A. swirskii*. El desarrollo normal de *C. signipennis* se produjo entre 24 a 27 °C, pero a medida que se incrementó la temperatura se acortó su ciclo de vida y disminuyó la población de los trips (Valladolid et al., 2020). Por otra parte, los rangos de temperatura registrados no afectaron a la población de *A. swirskii*, ácaro que sobrevivió a un rango de temperatura entre 21 a 30 °C (Calvo et al., 2011). Nguyen et al. (2013) indicaron que el mayor índice de oposición de las hembras de *A. swirskii*, se produjo a los 23 °C en los primeros 20 días de introducido. Este factor ocasiona una distribución de la población no homogénea si los trips no se encontraban en fase de ninfa, que se reguló a media que transcurrieron los días.

En cuanto a los promedios de *C. signipennis*, estuvieron por debajo de los reportados en la zona bananera de Tumbes (Perú), donde se señaló una fluctuación entre 70-950 trips adultos·planta⁻¹ (Valladolid-Ramos, 2016). Esta disminución de *C. signipennis*, pudo no estar relacionado a la introducción de *A. swirskii*, si la mayor parte de la población del trips estuvieran en ninfa. En esta etapa los trips no volaron sino brincaron, movilizándose desde la flor hasta las zonas axilares de las hojas y luego al suelo; siendo una presa fácil no solo para *A. swirskii*, también para otros depredadores como *Orius insidiosus* o *Chrysoperla* sp. (Arias de López et al., 2018).

La capacidad de depredación de *A. swirskii* fue corroborada en un experimento de laboratorio por Nguyen et al. (2019) donde alcanzó un registro de 16,65 larvas de *C. signipennis* de primer estadio·hembrilla⁻¹·día⁻¹. Nguyen et al. (2019) también indicaron que *A. swirskii* también se alimentó del polen recolectado de las flores de banano e incluso puso huevos al darles una dieta de polen de otras plantas.

Por otra parte, la disminución de otras especies susceptibles a ser depredada por *A. swirskii*, también fue reportada en pepino disminuyendo las poblaciones de *B. tabaci* y *F. occidentalis* (Calvo et al., 2011). Este factor incidió en el incremento de la población de *A. swirskii* y no tener relación con *C. signipennis*. Esto explicó porque el acaro pudo depredar otros insectos en etapa de ninfa como *F. parvula*. Por otra parte, el número de trips aumentó a medida que avanzó el desarrollo de la inflorescencia, por tanto, existe el potencial de incremento de los insectos en las manos inferiores, pero también lo expone a *A. swirskii* en especial en su etapa de ninfa (Scribano et al., 2018).

Fluctuación de poblaciones de *C. signipennis* y *A. swirskii* dentro de las parcelas

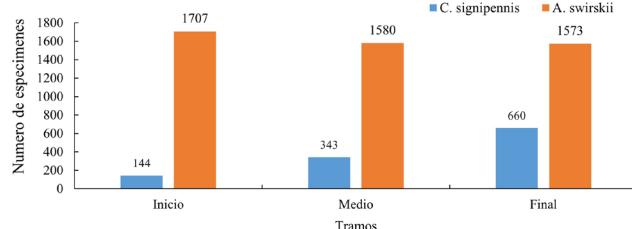


Figura 4. Barras agrupadas representan la suma de *C. signipennis* y *A. swirskii* por tramos (inicio, medio y final) de la parcela.

La suma total de *C. signipennis* y *A. swirskii*, por tramos dentro de la parcela fueron diferentes (figura 4). La población de *C. signipennis* se incrementó de menor a mayor en el siguiente orden: 144 trips al inicio, 343 trips medio y de 660 trips al final de la parcela. Mientras que *A. swirskii* tuvo una distribución homogénea en los dos últimos tramos (1.707 ácaros al inicio; 1.580 ácaros en medio; 1.573 ácaros al final).

Los trips son insectos que tienen una distribución agregada, se desplazan de un punto específico hacia otros puntos dentro de la parcela, esto ocasionó un crecimiento rápido en distancias cortas pero los incrementos van decreciendo conforme aumentó la distancia (Acosta-Guadarrama et al., 2017; Rivera Martinez et al., 2017). Por otro lado, los tiempos para el desarrollo de los

estadios de huevo, larva, protoninfá y deutoninfá de *A. swirskii* son de un día y media a dos días y medio por estadio; por tanto, en una semana se incrementa la población, de esta manera puede controlar los incrementos de *C. signipennis* que tiene una etapa de ninfa de 9 a 11 días (Seiedy et al., 2017).

Aunque la distribución espacial y la tasa poblacional fue diferente para ambos especímenes, no indicó que *A. swirskii* mantuvo su población en toda la parcela porque se alimentó de *C. signipennis*. Existe la posibilidad que sobreviva *A. swirskii* con una distribución homogénea por que se alimentó de otras presas y del polen de otras plantas. Esto se corroboró, con el estudio Acosta-Guadarrama et al. (2017) en aguacate, donde redujeron la población de *C. signipennis* de 660 a 2 trips en 12 semanas después de introducir *A. swirskii*; en ambos especímenes la distribución espacial fue diferente. Arthurs et al. (2009), reportaron que *A. swirskii*, sobrevivió con una baja población de su presa 60 días después que se realizó el control biológico, encontrando al ácaro en las malezas que estaban en el cultivo.

Esta comparación de poblaciones fue mayor (relación 1 a 2) al control biológico de *A. swirskii* sobre *Scirtothrips dorsalis* Hood en diferentes secciones de una parcela de pimiento picante, donde se registró un promedio de 0,17 trips y 1,09 ácaros por hoja (Arthurs et al., 2009). Los valores máximos para *C. signipennis* entre los tramos de las parcelas, se explicaron por la aleatoriedad del muestreo y a los desniveles del terreno, que pudieron ocasionar valores atípicos, como la investigación de *F. parvula* en banano orgánico, que registró valores atípicos relacionados en zonas de la plantación donde no se realizó el control de maleza (Zambrano-Loyola y Barrezueta-Unda, 2017).

Conclusiones

La fluctuación de la población por semana fue muy heterogénea y la variación de la temperatura no es un factor que influya en los incrementos de las especies en estudio. La mayor población tanto acumulada por parcela y tramo fue para *A. swirskii* con una tendencia de incremento en las últimas semanas del estudio. La distribución poblacional de *C. signipennis* es agregada, concentrando la mayor población entre el centro y el final de las parcelas; distribución diferente en *A. swirskii* que mostró una distribución homogénea en las parcelas. El presente trabajo abre un espacio de investigación para corroborar si el ácaro puede sobrevivir depredando otros trips, mosca blanca o alimentándose del polen de las malezas. También para identificar otras especies de depredadores de *C. signipennis*.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó con la ayuda de la empresa Koppert Ecuador, la empresa agrícola Don Polo y al Ingeniero Agrónomo Alejandro Garaycoa Moscoso, asesor técnico de la empresa Koppert.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.



Referencias bibliográficas

- Acosta-Guadarrama, A. D., Ramírez-Dávila, J. F., Rivera-Martínez, R., Figueroa-Figueroa, D. K., Lara-Díaz, A. V., Maldonado-Zamora, F. I. y Tapia-Rodríguez, A. (2017). Distribución espacial de *Trips* spp. (Thysanoptera) y evaluación de su control mediante el depredador *Amblyseius swirskii* en el cultivo de aguacate en México. *Southwestern Entomologist*, 42(2), 435-446. <https://doi.org/10.3958/059.042.0214>
- Arias, M. (2017). *El trips de la mancha roja en banano orgánico. Avances de investigaciones para el manejo integrado en Ecuador, Perú y República Dominicana.* Proyecto: Manejo sostenible de plagas y salud de suelos e integración de actores. Fontagro.
- Arias de López, M., Corozo-Ayovi, R. E., Delgado, R., Osorio, B., Moyón, D., Rengifo, D., Suárez, P., Paulino, A., Medrano, S., Sánchez, Rojas, J. C., Vegas, U., Alburqueque, D., Staver, C., van Tol, R. and Clercx, L. (2018). Red rust thrips in smallholder organic export banana in Latin America and the Caribbean: pathways for control, compatible with organic certification. *Acta Hortic.*, 1272, 153-161. DOI:10.17660/ActaHortic.2020.1272.19
- Arthurs, S., McKenzie, C. L., Chen, J., Dogramaci, M., Brennan, M., Houben, K. and Osborne, L. (2009). Evaluation of *Neoseiulus cucumeris* and *Amblyseius swirskii* (Acari:Phytoseiidae) as biological control agents of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera:Thripidae) on pepper. *Biological Control: Theory and Applications in Pest Management*, 49(1), 91-96. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.01.002>
- Bisane, K. D., Saxena, S. P. and Naik, B. M. (2017). Management of red rust thrips, *Chaetanaphothrips signipennis* (Bagnall) in banana. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(1), 181-185.
- Calvo, F. J., Bolckmans, K. and Belda, J. E. (2011). Control of *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in cucumber by *Amblyseius swirskii*. *Biocontrol*, 56(2), 185-192. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10526-010-9319-5>
- Calvo, F. J., Knapp, M., van Houten, Y. M., Hoogerbrugge, H. and Belda, J. E. (2015). *Amblyseius swirskii*: what made this predatory mite such a successful biocontrol agent? *Experimental & Applied Acarology*, 65(4), 419-433. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10493-014-9873-0>
- Carrizo, B. N., Jaime, A. P. y Macián, A. J. (2017). Primer registro de *Amblyseius swirskii* (Acari:Phytoseiidae) en cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* Linneo) en Corrientes, Argentina. *Rev. Agron. Noroeste Argent.*, 37(2), 107-111.
- Clercx, L., Arias Zambrano, M., Dulanto Bejarano, J. and Flores Espinoza, B. (2014). Towards biological control of red rust banana thrips in organic and conventional banana. *XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014)*, 1105, 73-80.
- Delgado, A., Navia, D., Vera, T., Viera, W. y Jackson, T. (2021). *Alternativas de control de Chaetanaphothrips signipennis bajo condiciones controladas.* In: *Memorias del II Congreso de Control Biológico Aplicado* (p.85).
- Escobar-García, H. A. and Andrade, D. J. (2021). Preliminary survey, diversity, and population density of mites in banana, *Musa AAA* (Cavendish subgroup) cv. Williams in Peru. *International Journal of Acarology*, 47(2), 170-173. <https://doi.org/10.1080/01647954.2021.1879263>
- Fathipour, Y. and Maleknia, B. (2016). *Mite predators.* In: *Ecofriendly Pest Management for Food Security.* pp. 329-366. Academic Press.
- García-Sarabia, M. A., Mizar-Caballero, H. y Sepúlveda Cano, P. A. (2015). *Trips* (Thysanoptera) del racimo del banano y sus enemigos naturales en el departamento del Magdalena, Colombia. *Temas Agrarios*, 20(2), 72-80.
- Hara, A. H., Mau, R. F. L., Heu, R., Jacobsen, C. and Niino-DuPonte, R. (2002). *Banana rust thrips damage to banana and ornamentals in Hawaii (Insect Pests).* College of Tropical Agriculture and Human Resources. <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/10125/12284/1/IP-10.pdf>
- McGuire, A. V. and Northfield, T. D. (2021). Identification and evaluation of endemic *Metarhizium* strains for biological control of banana rust thrips. *Biological Control*, 162, 104712. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104712>
- Nguyen, D. T., Vangansbeke, D., Lü, X. and De Clercq, P. (2013). Development and reproduction of the predatory mite *Amblyseius swirskii* on artificial diets. *Biocontrol*, 58(3), 369-377. <https://doi.org/10.1007/s10526-012-9502-y>
- Paredes-Freire, K. (2021). *Hábitos y comportamiento del trips (Chaetanaphothrips signipennis Bagnall) y acaro depredador (Amblyseius swirskii Athias-Henriot) en el cultivo establecido de banano orgánico (Musa paradisiaca L.).* Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.
- Rivera-Martínez, R., Ramírez-Dávila, J. F., Rubí-Arriaga, M., Domínguez-López, A., Acosta-Guadarrama, A. D., Figueroa-Figueroa, D. K. (2017). Modelización espacial de trips (Insecta:Thysanoptera) en el cultivo de aguacate (*Persea americana*). *Revista Colombiana de Entomología*, 43(2), 131-140.



Scribano, F. R., Fontana, M. L., Alayon Luaces, P. A. y Cáceres, S. (2018). Efecto del embolsado y deschire del cultivo de banano (*Musa acuminata Colla*) sobre las poblaciones de trips (Thysanoptera:Thripidae). *Revista de La Sociedad Entomológica Argentina*, 77(3), 14-24.

Seiedy, M., Soleymani, S. and Hakimitabar, M. (2017). Development and reproduction of the predatory mite *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari:Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae) and *Bemisia tabaci* Gennadius (Heteroptera:Aleyrodidae). *International Journal of Acarology*, 43(2), 160-164. <https://doi.org/10.1080/01647954.2016.1248486>

Swirski, E., Ragusa, S., van Emden, H. and Wysoki, M. (1973). Description of immature stages of three predaceous mites belonging to the genus *Amblyseius berlese* (Mesostigmata:Phytoseiidae). *Israel Journal of*

Entomology. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201303147099>

Valladolid, M. (2016). Identificación y fluctuación poblacional de especies de “trips” y enemigos naturales en cultivo de plátano y banano, Valle de Tumbes, Perú. *Manglar*, 12(1), 15-24.

Valladolid, M., Garrido, M. A. y García-Seminario, R. (2020). Distribución temporal de trips y controladores biológicos en banano *Musa sapientum* (C. Linneo, 1753). *Manglar*, 17(2), 113-118.

Zambrano-Loyola, H., Barrezueta-Unda, D. C. S., García-Batista, D. C. R. M. y Alemán Pérez, D. C. R. (2017). Poblaciones de *Frankliniella parvula* en lotes cultivados con banano orgánico en la peña, provincia El Oro, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 5(3), 86-92. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/145>

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Salomón Barrezueta-Unda	Diseño de la investigación, revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Bryan Leonardo Cabezas Zhumi	Participó en la recolección de datos, preparación y edición del manuscrito.





Aplicación del NaHCO_3 como estrategia físico-química para mitigar el impacto ambiental de la vinaza producida en la destilación de alcohol artesanal

Application of NaHCO_3 to mitigate the environmental impact of vinasse produced in the distillation of artisanal alcohol

Autores

- ✉ *Ever Darío Morales Avendaño 
✉ Jhonny Navarrete Álava 
✉ Francesco Garzón Cedeño 
✉ Marvin Zambrano Lara 

Escuela Politécnica Superior Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López ESPAM MFL, Calceta, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Morales Avendaño, E. D., Navarrete Álava, J., Garzón Cedeño, F., y Zambrano Lara, M. (2023). Aplicación del NaHCO_3 como estrategia físico-química para mitigar el impacto ambiental de la vinaza producida en la destilación de alcohol artesanal. *La Técnica*, 13(2), 93-101. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v13i2.6179>

Recibido: Octubre 26, 2023

Aceptado: Diciembre 15, 2023

Publicado: Diciembre 21, 2023

Resumen

La vinaza es un subproducto derivado de la destilación del fermentado del guarapo de caña de azúcar y caracterizado por elevados niveles de conductividad eléctrica (CE), demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno consumido a los 5 días (DBO_5) y acidez; lo cual ocasiona un impacto ambiental en los sectores de producción. El objetivo del estudio consistió en determinar el efecto del HNaCO_3 como tratamiento físico-químico para mitigar la actividad herbicida de la vinaza recolectada en una unidad productora artesanal de alcohol. Muestras de 10 L a pH 4,0 fueron distribuidas en envases y ajustadas a pH 5, 6 y 7 con HNaCO_3 ; luego analizadas en cuanto a la CE, DQO, DBO_5 , salinidad y temperatura. El experimento se realizó con 10 especies de plantas silvestres, mantenidas en envases de 6,5 y 3,5 L. Todas las unidades experimentales fueron dosificadas con vinaza a pH 4 (testigo), 5, 6 y 7, cada tres días, según su capacidad volumétrica (100 o 150 mL); durante 8 semanas. Los resultados reflejaron un descenso de la CE hasta un 98%, y una tendencia a la reducción de DQO con el incremento del pH. En cambio, el NaHCO_3 no influyó en la DBO_5 ; sin embargo, el porcentaje de remoción de la CE y DQO, produjo una reducción del efecto herbicida; mientras que en solo tres especies de plantas silvestres se observó manchas a nivel foliar, entre 5 y 30%. Se considera que el NaHCO_3 promueve la reducción de la DQO, CE y neutraliza la acidez; lo cual sugiere la factibilidad de aplicación en suelos, contribuyendo así con la mitigación del impacto ambiental.

Palabras clave: bioherbicida; biofertilizante; DBO_5 ; DQO; licor; pH.

Abstract

Vinasse is a by-product derived from the distillation of fermented sugar cane juice and characterized by high levels of EC, COD, BOD₅ and acidity; which causes an environmental impact in the production sectors. The objective of the study was to determine the effect of HNaCO_3 as a physico-chemical treatment to mitigate the herbicidal activity of vinasse recollected in an artisanal alcohol production unit. Ten samples at pH 4.0 were distributed in containers and adjusted to pH 5, 6 and 7 with HNaCO_3 ; then analyzed for EC, COD, BOD, salinity and temperature. The experiment was carried out with different species of wild plants, kept in 6.5 and 3.5 L containers. All experimental units were dosed with vinasse at pH 4 (control), 5, 6 and 7, every three days, according to their volumetric capacity (100 or 150 mL); for 8 weeks. The results reflected a decrease in EC up to 98%, and a tendency to reduce COD with increasing pH. On the other hand, HNaCO_3 did not influence BOD₅; however, the percentage of removal of EC and COD produced a reduction in the herbicidal effect; while in only for three species, an effect was observed at the foliar level, between 5 and 30%. It is considered that HNaCO_3 promotes the reduction of COD, EC and neutralizes acidity; which suggests the feasibility of application in soils, thus contributing to the mitigation of the impact. environmental.

Keywords: bioherbicide; biofertilizer; BOD_5 ; COD; liquor; pH.

Introducción

El uso de una diversidad y exceso de compuestos químicos descargados como resultado de actividades industriales, domésticas y agrícolas; trae consigo la acumulación de desechos, elevando así los riesgos significativos en el ambiente, cuando son descargados a fuentes de agua y suelo (Christofoletti et al., 2013; Ibarra et al., 2019).

Entre los residuales de la producción de azúcar y de etanol se distingue la vinaza o mostacho; procedente de la destilación del fermentado del guarapo y caracterizado por un alto contenido de materia orgánica y nutrientes; además de nitrógeno, azufre, fósforo y potasio. Así mismo; entre los compuestos orgánicos se han identificado: alcoholes, ácidos orgánicos, aldehídos y polifenoles; los cuales conllevan a deducir que entre sus propiedades físico-químicas se identifican: un elevado nivel de acidez, de demanda química de oxígeno (DQO), de demanda biológica de oxígeno consumido a los 5 días (DBO_5), de conductividad eléctrica (CE), y de sólidos disueltos, y ser sustrato para levaduras y bacterias en condiciones anaeróbicas según el sitio de disposición (Aristizábal, 2015; Ibarra et al., 2019). En tal sentido, para el caso de los niveles no permisibles de DQO y DBO_5 en estos efluentes, se induce un proceso de eutrofización drástico; lo que ocasiona la mortalidad de la biota por reducción del oxígeno disuelto (Aguiar et al., 2021).

Por otra parte, los altos niveles de producción diaria durante los períodos de cosecha de la caña de azúcar, son sin duda una amenaza para la biota cuando son descargados en cuerpos de agua y en suelos sin control alguno (Ospina-León et al., 2023)

A fin de disminuir el impacto ambiental de los efluentes antes de ser descargados, se han reportados diversas metodologías biológicas y físico-químicas; sin embargo, esto dependerá de la composición química y biológica de los residuales para seleccionar las más eficientes y contribuir a la mitigación de su efecto nocivo. Entre las estrategias para el tratamiento de vinazas en biotecnología se ha reportado: digestión anaeróbica, cultivos de microalgas (Soto et al., 2021), producción de biohidrógeno (España-Gamboa et al., 2011; Magrini et al., 2020), balanceado para ganado, humus y producción de levadura (Higuita-Vásquez et al., 2020).

En cuanto a las técnicas físico-químicas se incluyen el mecanismo de gasificación, floculación-coagulación (Krishna et al., 2008) y de combustión en calderas modificadas (Dirbeba et al., 2019). Con estas estrategias alternativas del manejo de las vinazas se tendrá la factibilidad de lograr su utilización en el área agrícola y minimizar el efecto nocivo ambiental.

La bebida alcohólica “currincho”, se elabora a partir de caña de azúcar y de manera artesanal en las comunidades de Agua Fría, Mocorita, Mendoza, El Rosario, San Juan, Río Frío, El Palmar y otros, del cantón Junín, provincia de Manabí, Ecuador (Cartay et al., 2019). No obstante, estas destilerías vierten la vinaza en pozos excavados en el suelo con o sin membrana protectora; lo cual provoca olores desagradables y filtración en las aguas subterráneas. En virtud de la producción de vinaza como materia prima de importancia en agricultura y otras aplicaciones en biotecnología ambiental, se requieren estudios sobre tratamientos biológicos y/o fisicoquímicos, con la finalidad de lograr la factibilidad de su uso amigable con el ambiente.

El presente estudio contempló la aplicación de $NaHCO_3$ como tratamiento fisico-químico de vinaza ajustada a pH 5, 6 y 7, a fin de determinar posible remoción de DQO, DBO_5 y CE; así como también el efecto herbicida mediante inoculación dosificada de vinaza en bandejas con suelo sembrados con plantas silvestres *in vitro* y en medio líquido en presencia de la macroalga dulceacuícola *Oedogonium sp.*

Materiales y métodos

Recolecta de las muestras

Las muestras de vinaza obtenidas como subproducto de la destilación del fermentado para la extracción del alcohol artesanal bajo denominación de currincho fueron recolectadas en el sector la Mocorita, cantón Junín, provincia de Manabí, en envases de plástico con capacidad de 20,0 L. A fin de verificar contenido de alcohol y de azúcares en la vinaza, se les aplicaba la prueba con un alcoholímetro y una pesa jarabe (densímetro para medir líquidos de mayor densidad que el agua); respectivamente. Para el manejo y recolección de las muestras, se consideró la norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización (2013).

A fin de mantener volúmenes disponibles de vinaza, cada dos meses se visitaba la unidad productora de alcohol artesanal para la recolecta y luego se trasladaban al área experimental en condiciones externas de laboratorio. Una vez receptadas las muestras, se les determinaba la CE, pH, temperatura y salinidad con un multiparamétrico de campo (water quality tester).

Análisis de temperatura, pH y salinidad en vinaza

De cada recipiente con vinaza a pH 4 (testigo), pH 5, 6 y 7 se tomaban muestras de 50 mL para la determinación de la temperatura, salinidad y conductividad eléctrica con un medidor multiparamétrico de campo (water quality tester) y para medir el pH se utilizó un kit con cintas de pH. La CE era determinada a partir de tres submuestras. Todas estas variables eran monitoreadas cada tres días.



Tratamiento de vinaza con bicarbonato de sodio a diferentes pH

Muestras de 10 L una vez filtradas eran transferidas a unidades cilíndricas de 20 L de capacidad. Cada envase fue identificado según el pH seleccionado: testigo (pH 4), pH 5, pH 6 y pH 7. Se utilizó bicarbonato de sodio comercial y durante el proceso de adición a la vinaza, se iba pesando el bicarbonato consumido, hasta alcanzar valores de pH de 5, 6 y 7.

Efecto de la adición del NaHCO_3 sobre la conductividad eléctrica con o sin repeticiones

Una vez iniciado el experimento se tomaban las medidas de CE cada tres días; se registraron los resultados obtenidos en la primera semana sin repeticiones y los obtenidos en la 7ma semana con tres repeticiones. En este monitoreo se tomaron tres submuestras de 50 mL de vinaza para cada pH y para la determinación del porcentaje o eficiencia de remoción se aplicó la ecuación indicada por Malacatus et al. (2017), la cual hace referencia a la propuesta por Romero (1999) sobre eficiencia de remoción de contaminantes.

E= eficiencia de remoción de carga contaminante (%): S= carga contaminante de salida ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) So= carga contaminante de entrada ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

$$E = \frac{So - S}{So} \times 100$$

Análisis de DBO_5 y DQO en vinaza a cada pH

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) fue analizada mediante el protocolo de respirometría (Standard Methods 5210D) y la demanda química de oxígeno (DQO) por el método de colorimetría (Standard Methods 22nd 5220D) de acuerdo a Spectroquant Solution A-B for DQO 144538, 114539, 114679, 114680).

Ambos análisis, se realizaron en la 6ta semana de iniciado el experimento a muestras de vinaza con valores de pH 4, pH 5, pH 6 y pH 7, con la inclusión del testigo (vinaza con pH de 3,5 recién recolectada). Para su entrega se recolectaron muestras de 2,0 L en envases de plástico, los cuales fueron revestidos cuidadosamente con fundas de plástico y en una caja de cartón y entregados a un laboratorio con certificación internacional para los análisis respectivos.

Efecto del pH de la vinaza sobre el crecimiento de plantas silvestres

Para esta prueba se utilizaron dos series de unidades experimentales de recipientes de plástico y según la capacidad volumétrica. La primera serie (lote 1) conformada por cuatro bandejas a una capacidad de 6,0 L (10 x 20 x 30 cm) y rotuladas a pH 4, 5, 6 y 7 (figura 1) y la segunda serie (lote 2) con dos bandejas (repeticiones A y B) de capacidad de 3,0 L (10 x 10 x 30 cm).

Estos recipientes de 3,0 y 6,0 L fueron previamente abonados con suelo del área experimental en un 60% con relación al volumen total de cada bandeja de plástico y luego cultivados con plantas silvestres seleccionadas al azar presentes en el Bosque Politécnico ESPAM; los mismos que, se mantuvieron en adaptación en condiciones *in vitro* durante dos meses. En las tablas 1 y 2, se especifican las especies de plantas identificadas y no identificadas hasta género.

Todas las unidades experimentales se muestran en la figura 1, el experimento del efecto herbicida la disposición de los recipientes del lote 1 a pH 4, 5, 6 y 7. En cambio para el lote 2, los recipientes con vinaza fueron intercalados con los recipientes de vinaza a los pH respectivos (figura 2). Cada tres días fueron inoculados los suelos del lote 1 y 2, con 100 y 200 mL de vinaza; respectivamente, para cada pH.

Con la finalidad de observar el efecto del herbicida a nivel foliar, se rociaba la cobertura del área de cada planta e incluso las inflorescencias de las especies *Cyperus*, *Peperomia* y *Petiveria*, una vez por semana durante el periodo del bioensayo. Todas las unidades eran hidratadas con agua, cada vez que se observó un inicio de sequedad. Para el caso de presencia de quemaduras a nivel foliar, se determinaba el porcentaje del área afectada con relación a la cobertura total de cada planta. Las especies de plantas silvestres cultivadas y las que germinaron *a posteriori* en las bandejas fueron identificadas taxonómicamente a nivel de género (Aguirre-Mendoza et al., 2019).



Figura 1. Disposición de las unidades experimentales (bandejas) con capacidad de 6,0 L (lote 1).



Figura 2. Disposición de las unidades experimentales A y B (bandejas para cada pH) con capacidad de 3,0 L e intercalados con los recipientes de vinaza a pH 4, 5, 6 y 7 (lote 2).

Simulación de descarga de la vinaza tratada a un cuerpo de agua

Para este experimento se utilizó biomasa de un cultivo de la macroalga dulceacuícola *Oedogonium* sp., obtenida en el río Canuto, Cantón Chone, Manabí; la cual fue distribuida en cinco recipientes cilíndricos de plástico transparente, con una capacidad de 3,0 L e identificados como testigo (sin vinaza), pH 4, pH 5, pH 6 y pH 7. A cada envase se le agregaron 1,5 L de agua y 1,5 L de cada muestra de vinaza; los cuales fueron inoculados con 50 g (biomasa húmeda) de la macroalga. El efecto nocivo de la vinaza sobre *Oedogonium* sp. fue monitoreado cada 24 h,



registrando su volumen de biomasa, pigmentación verde oscuro y morfología fibrosa (figura 3). La biomasa fue monitoreada al día 5 y 8 con una balanza digital de campo.

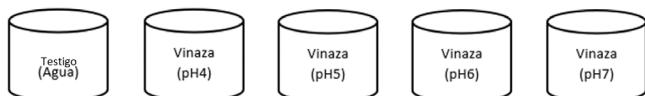


Figura 3. Disposición de las unidades experimentales para la prueba de simulación de descarga de vinaza a cuerpos de agua.

Resultados y discusión

La vinaza recolectada durante todo el periodo del estudio se caracterizó por poseer un pH de 3,5-4,0; DBO₅ de 20000 mg·L⁻¹; DQO de 4423,33 mg·L⁻¹, CE: 5545-4080 µsm·cm⁻¹ y ausencia de grado alcohólico. Estos elevados valores conllevaron a acreditar su no cumplimiento de la normativa en cuanto a los valores permisibles para su descarga en cuerpos de agua (Ministerio del Ambiente, 2015; TULSMA, 2017).

El bajo pH característico de las vinazas se relacionó con la presencia de ácidos orgánicos y la elevada carga de materia orgánica. Una de las causas por las cuales la acidez de las vinazas fue muy alta, fue la presencia de ácido butírico, acético y láctico. Santos et al. (2014) reportaron a partir de vinaza de caña de azúcar, valores de ácido butírico y ácido acético de 3,7 y 3,0 g·L⁻¹; respectivamente, y Alfaro (2021) propuso el mejor método de tratamiento para la flemaza (vinaza de caña de azúcar) mediante la técnica de adsorción con carbón activado en un lecho fijo para remoción de ácido acético y ácido láctico indicando valores de 0,4 y 6,4 g·L⁻¹; respectivamente, lo que confiere altos contenido de estos compuestos. En tal sentido, el gasto del bicarbonato de sodio para ajustar el pH a 5, 6 y 7 con NaHCO₃ estaría asociado a la concentración de estos compuestos. Se presentan las ecuaciones de la reacción entre el NaHCO₃ y los ácidos orgánicos respectivos (figura 4), en las cuales se indicó la producción de acetato de sodio, butirato de sodio y de lactato de sodio; además, de la elevada generación de burbujas, debido a liberación de CO₂. Se observó también, la producción de un precipitado con la adición del bicarbonato de sodio en todos los recipientes; lo cual conllevó a la sedimentación de productos formados hasta neutralizar a la vinaza.



Ecuación I: reacción del ácido acético con bicarbonato.



Ecuación II: reacción del ácido butírico con bicarbonato.



Ecuación III: reacción del ácido láctico con bicarbonato.

Figura 4. Ecuaciones de la reacción entre el NaHCO₃ y el ácido acético, ácido butírico y el ácido láctico.

Una vez que se dio inicio al ajuste para cada pH, se evidenció una elevada capacidad buffer entre pH 4 y pH 5, debido al elevado consumo de 155,0 g de NaHCO₃, lo cual demostró resistencia al cambio de pH, posiblemente a la elevada concentración de compuestos ácidos presentes en la vinaza no tratada, para alcanzar el pH a 6 y 7 se utilizaron 165 y 175 g; respectivamente (figura 5). Así mismo, durante todo el proceso de neutralización hubo una producción dinámica de espuma como producto de la liberación de CO₂ y la formación de abundante precipitado de presencia permanente debido a la reacción entre los ácidos orgánicos y el bicarbonato (figura 1); lo cual parece contribuir a la remoción de la DQO y posiblemente de sólidos totales.

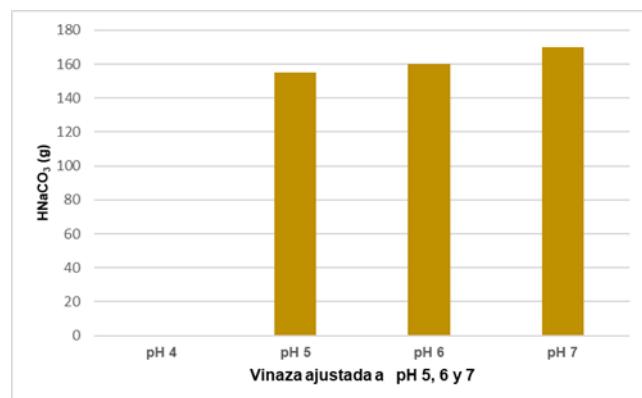


Figura 5. Cantidad de HNaCO₃ (g) utilizado para ajuste del pH a cada reservorio de 10 L de vinaza.

De acuerdo a la cantidad necesaria de NaHCO₃ para neutralizar 10 L de vinaza se requirieron 17,5 g de bicarbonato por cada litro de vinaza. Sin embargo, es posible que la cantidad de un agente titulante dependerá de la composición química y del contenido de compuestos orgánicos ácidos. Aristizábal (2015) realizó una prueba de titulación de una muestra de vinaza con NaOH

y determinó que se requirieron 4,6 g para que un litro de vinaza alcancara el valor del pH 7 del agua. Sin embargo, se recomendaría realizar una prueba con NaHCO_3 e NaOH con la finalidad de valorar la eficiencia de neutralizar una muestra de vinaza hasta pH 7.

Para el caso del tratamiento de la vinaza con NaHCO_3 sobre la CE con tres repeticiones, la eficiencia de remoción fue casi total; puesto que se obtuvo porcentaje de remoción del 99,73; 99,66 y 99,72% a pH 5, 6 y 7; respectivamente, y sin diferencia significativa ($P>0,05$) entre las vinazas tratadas. Este resultado reflejó que la CE llega a ser removida a partir de pH 5 (figura 6a).

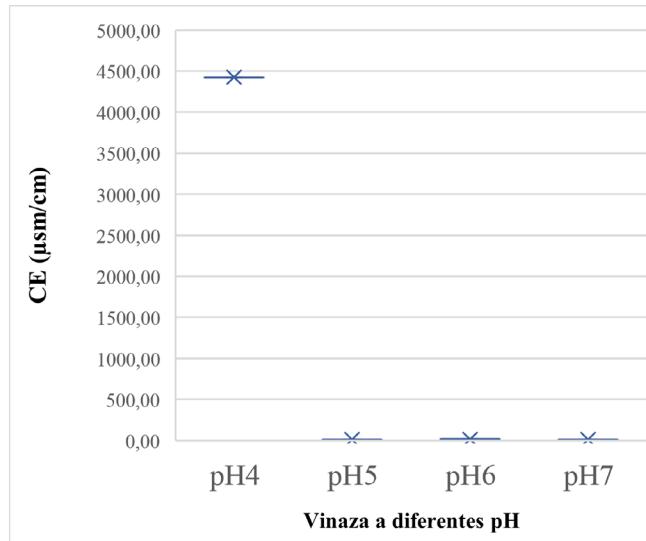


Figura 6a. Remoción de la CE ($\mu\text{sm}\cdot\text{cm}^{-1}$) con la adición de NaHCO_3 (g).

Para el caso de la valoración de la CE respecto al pH sin repeticiones, también se reflejó un descenso drástico con la vinaza ajustada a pH 4 desde $5545 \mu\text{sm}\cdot\text{cm}^{-1}$ hasta $542 \mu\text{sm}\cdot\text{cm}^{-1}$ a pH 7, equivalente a un porcentaje de remoción del 90,23%; por lo cual se reconoce el efecto del anión HCO_3^- al disminuir la concentración elevada de sales solubles y esto conllevó a la reducción de la capacidad de conducción de la corriente eléctrica en la vinaza no tratada (figura 6b).

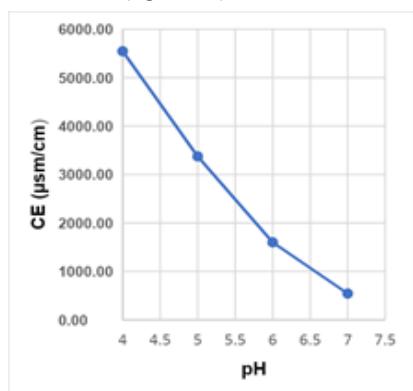


Figura. 6b. Efecto de la adición del NaHCO_3 sobre la conductividad eléctrica (sin repeticiones).

De acuerdo a estos resultados, Arango (2012), ha postulado que un incremento de la remoción de la CE con la adición de iones HCO_3^- al reaccionar con los compuestos orgánicos ácidos de la vinaza, pueden conducir a la precipitación de iones Ca^{2+} y Mg^{2+} ; lo cual induce a la reducción de cationes y en consecuencia de la conductividad eléctrica. Al respecto; además, sugiere que la presencia de HCO_3^- y SO_4^{2-} ocasionaron la disminución de la densidad de la corriente en pruebas para el tratamiento de las aguas residuales de la industria láctea y que, en cambio, con la adición de los electrolitos NaCl o CaCl_2 se logra reducir los efectos adversos de bicarbonato o sulfato en cuanto al mantenimiento de la conductividad eléctrica en efluentes de empresas de productos lácteos.

Los resultados de la DQO con las vinazas a los diferentes pH sugieren una tendencia hacia la disminución hasta pH 5, con un porcentaje de remoción del 59,67%; sin embargo, se apreció un ligero descenso hasta pH 7, con un 48,64% de remoción (figura 7). Es posible que en las vinazas mantenidas entre pH 5 y pH 7, se mantuvo la presencia de levaduras y bacterias al ser observadas al microscopio, como producto de su actividad metabólica, podrían incrementar ligeramente la DQO. Guerrero et al. (2022) reportaron resultados sobre fermentación de té verde con dextrosa y glucosa como fuentes de carbono para producir películas de celulosa microbiana y entre los resultados determinaron que el pH, proteínas, grados °Brix y azúcares disminuyeron durante la incubación mediante fermentación; en cambio identificaron un incremento de la DQO con ambas fuentes de carbono; lo cual pudiera también estar relacionado con la microbiota a nivel de la vinaza entre pH 5 y 7. Al comparar, también estos resultados sobre remoción de la DQO en otras vinazas, en cuanto a la técnica de digestión anaeróbica, España-Gamboa et al. (2011) solo han obtenido un 9% de remoción y mediante la técnica de coagulación/flocculación. Krishna et al. (2008) han obtenido hasta un 43,6% de la DQO; siendo estos resultados similares a lo observado en el presente estudio.

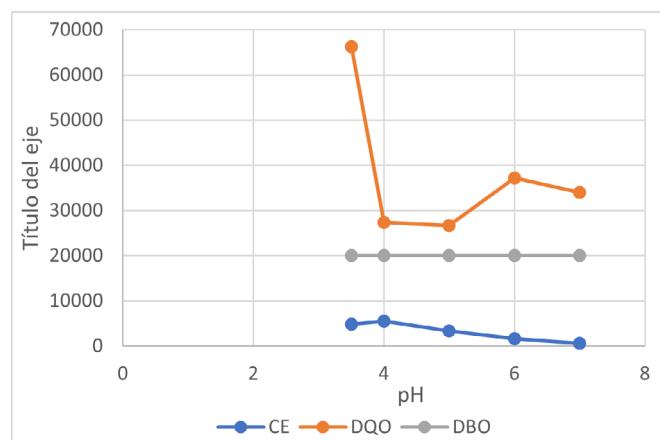


Figura. 7. Comportamiento de la CE, DQO y DBO₅ en la vinaza ajustada al pH con la adición del NaHCO_3 .



Al hacer referencia a la DBO_5 los resultados indicaron que el NaHCO_3 no influyó en su remoción, manteniendo la carga química en todas las vinazas ajustadas a los pH analizados. Tal resultado era de esperar; sin embargo, se confirma que es necesario mejorar el proceso físico-químico de reducción del efecto nocivo de la vinaza con otros tratamientos químicos o biológicos.

Se reconoce que la materia orgánica en vinazas es dependiente de la presencia de azúcares no convertidos a alcohol, carbohidratos no fermentados, levaduras muertas, y una variedad de compuestos inorgánicos (Cortez et al., 1998) y que por lo tanto, se recomienda la aplicación de tratamientos alternativos físico-químicos y aplicación de digestión anaeróbica a fin de lograr la remoción efectiva de la de DBO_5 en este tipo de efluentes. El empleo de la tecnología de digestión anaerobiosis como tratamiento de los efluentes de destilerías disminuyó el impacto ambiental de la producción de etanol, pues se obtiene una reducción de la carga contaminante de sus vinazas en un 70%, a la vez que se genera un biocombustible (biogás) que puede utilizarse con fines energéticos, y dos subproductos: agua tratada y biofertilizante, como sustitutos de fertilizantes químicos y agua de riego, lo que hace a la tecnología de producción de etanol ser amigable con el ambiente (Higuita-Vásquez et al., 2020).

En la prueba *in vitro* del efecto de vinaza a los diferentes pH con plantas silvestres se identificaron 10 especies y otras cuatro en proceso de reconocimiento en el lote 1; mientras que en el lote 2 fueron reconocidas 13 especies y cuatro por ser identificadas. Además, se reflejó una diversidad entre el total de las 15 unidades experimentales con 13 especies (tablas 1 y 2), siendo la gramínea *Agrostis* la de mayor propagación en las bandejas y en cuanto al crecimiento y robustez se destacaron *Commelina*, *Cyperus* y *Tridax procumbens*, además de tres ejemplares de la planta trepadora de *Melothria* sp.

En cuanto a la adición de vinaza a cada pH y en ambos lotes, se destacó una supervivencia del 100%; mientras que el efecto herbicida a nivel periférico foliar, se manifestó en algunas especies cuando fue asperjada toda la cobertura aérea de las plantas. En el lote 1, tres especies mostraron un leve síntoma de quemadura con 1, 4 y 5%; mientras que en el lote 2, se apreciaron áreas foliares marchitas de *Urtica dioica* a pH 4 A y en *Evolvulus* sp. a pH 6 B con amarillamiento en zonas puntuales de la lámina foliar en un 20 y 10%; respectivamente. Estos resultados, confirmaron la sensibilidad de estas especies a nivel foliar por parte de la vinaza e independiente del pH. En líneas generales, la vinaza tratada y no tratada con NaHCO_3 no resultó mortal ni severa; de acuerdo a las condiciones ambientales naturales y a las dosis aplicadas cada tres días.

Tabla 1. Efecto herbicida de la vinaza, según el pH sobre plantas silvestres en bandejas (lote 1).

Lote 1	Especies	Ejemplares	Efecto herbicida (%)
pH4	<i>Agrostis stolonifera</i>	5	0
	<i>Euphorbia hirta</i>	1	0
	<i>Tradescantia pallida</i>	1	0
pH5	<i>Commelina erecta</i>	1	4
	<i>A. stolonifera</i>	16	0
pH6	<i>Ipomea</i> sp.	2	0
	<i>A. stolonifera</i>	9	0
	<i>Cyperus</i> sp.	4	0
	<i>Synedrella</i> sp.	3	0
	<i>Peperomia pellucida</i>	2	0
pH 7	<i>Petiveria</i> sp. (con inflorescencias)	4	0
	<i>Ipomea</i> sp.	2	1
	*Dicotiledónea (no identificada)	1	0
	<i>Tridax procumbens</i> (con flores)	1	0
	<i>Melothria</i> sp.	1	0
	<i>Petiveria</i> sp.	1	6
	<i>A. stolonifera</i>	1	1

Nota: el asterisco hace referencia a una especie de planta silvestre diferente no identificada.

Para el caso de efectos nocivos a nivel foliar, González et al. (2019) han reportado en cultivos de soya (*Glycine max*) con vinaza diluida a 1:1, 1:5 y 1:10 (v/v) y en condiciones de invernadero, actividad reducida de fotosíntesis para todas las diluciones de vinaza y han determinado pérdida de la apertura de estomas, disminución de nitrógeno y de clorofila a nivel foliar. No obstante, Sharifi et al. (2022) utilizando vinaza diluida sobre plántulas de pepino (*Cucumis sativus*) y de acuerdo a los tratamientos con fertilizante comercial (T1), vinaza diluida al 50% (T2), fertilizante comercial + vinaza al 50% (T3), fertilizante comercial al 50% y vinaza al 50% (T4), identificaron a la combinación: fertilizante + vinaza diluida al 50% (T2), una mejora en cuanto al número y biomasa seca de las hojas, biomasa fresca y seca de las raíces y área foliar. De igual forma, estos resultados también estimaron que, la efectividad de su aplicación como biofertilizante y con previos tratamientos para la reducción de su carga contaminante, dependerá de la especie de planta, composición química de la vinaza, condiciones experimentales y del contenido de nutrientes como el nitrógeno.

Con base a los resultados obtenidos, la variedad de vinaza obtenida de destilerías artesanales del sector Mocorita, cantón Junín, Manabí, podrían ser utilizadas como mejorador de suelos; en vista de que todas las especies de plantas irrigadas mostraron crecimiento excelente, aun cuando compartían un área pequeña de espacio para su desarrollo. En este sentido, en el trabajo de revisión de Moran-Salazar et al. (2016) se resalta el efecto biofertilizante de las vinazas favorecido por la actividad microbiana presente en el mismo sustrato o suelo.

Tabla 2. Efecto herbicida de la vinaza, según el pH sobre plantas silvestres (lote 2).

Lote 2	Especies	Ejemplares	Efecto herbicida (%)
pH4 A	<i>Agrostis stolonifera</i>	4	0
	<i>Urtica dioica</i> (con inflorescencias)	6	20
	<i>A. stolonifera</i>	20	1
pH4 B	*Planta dicotiledónea (no identificada)	5	2
	*Planta trifoliada (no identificada)	2	4
pH5 A	*Planta pequeña (no identificada)	2	0
	<i>A. stolonifera</i>	3	0
pH5 B	*Trepadora trifoliada (no identificada)	3	5
	<i>A. stolonifera</i>	12	0
	*Planta con hojas dentadas y acorazonadas (no identificada)	2	0
	<i>Peperomia pellucida</i>	1	0
pH6 A	<i>A. stolonifera</i>	15	0
	*Planta dicotiledónea no identificada	1	5
pH6 B	<i>A. stolonifera</i>	13	4
	<i>Evolvulus</i> sp.	2	10
pH7 A	<i>A. stolonifera</i>	6	0
	<i>Synedrella</i> sp.	1	0
pH7 B	<i>Evolvulus</i> sp.	3	5
	<i>A. stolonifera</i>	4	0
	<i>Cyperus</i> sp.	4	5

*para cada pH se dispusieron de dos bandejas (A y B)

En el experimento de simulación de una descarga de vinaza tratada y no tratada con bicarbonato de sodio sobre la macroalga *Oedogonium* sp. se demostró su efecto nocivo causando una mortalidad del 100% de la biomasa algal a los tres días, observándose una reducción de la biomasa en un 25, 45 y hasta un 90% de su biomasa, luego de monitoreado el experimento cada 24 h; en cambio el testigo solo con agua se mantuvo en condiciones excelentes y con aumento progresivo de su biomasa húmeda a los 5 días de 50 g a 75 g.

Por otra parte, se hace referencia a que la aplicación del NaHCO_3 en este estudio demostró su efectividad para lograr el uso de

vinaza por su comportamiento como una solución amortiguadora y debido a su capacidad para elevar el pH. No obstante, dada su limitación para su adquisición por ser un producto controlado (Alvarado y Romero, 2022), se están realizando avances a escala comercial, para obtener bicarbonato de sodio (NaHCO_3) a partir de métodos de absorción y desorción de CO_2 basados en proceso de carbonato en seco para su tratamiento (Bonaventura et al., 2018) y de otros procesos de producción de bicarbonato de sodio, empleando amoniaco (NH_3) como intermediario, carbonato de calcio (CaCO_3) y cloruro de sodio (Cai et al., 2018). De igual forma se recomienda utilizar CaO , Ca(OH)_2 y la posibilidad del uso de cáscara de huevo como fuente de CaCO_3 ; para lo cual se ha programado un diseño experimental para mejorar la eficiencia y reducción de costos con el uso de otros agentes neutralizantes y así como también, metodologías con microorganismos en condiciones aeróbicas y anaeróbicas.

Conclusión

Se reconoce que la aplicación de una base débil como el NaHCO_3 conlleva a la reducción de la DQO, CE y a la neutralización de la acidez de la vinaza; lo cual sugiere la factibilidad de su utilización como acondicionador de suelos; contribuyendo así con la mitigación del impacto ambiental que afecta a los sectores productores de currincho del cantón Junín, Manabí, Ecuador. Por otra parte, la actividad herbicida en el área foliar de las plantas dependió de la susceptibilidad o resistencia de las especies de plantas asperjada; pero sin causar mortalidad; mientras que su acción letal bajo simulación de drenaje a un cuerpo de agua con la macroalga, *Oedogonium* sp, quedó demostrada.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

- Aguiar, S., Panimboza-Ojeda, A., Soto-Cabrera, A., Cuyanquillo-Barrionuevo, J., Pérez-Martínez, A., Diéguez-Santana, K. (2021). Propuesta para la producción más limpia en destilerías artesanales. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, 24(2), 1500. <http://doi.org/10.31910/rudca.v24.n2.2021.1500>
- Aguirre-Mendoza, Z., Jaramillo-Díaz, N. y Quizhpe-Coronel, W. (2019). *Arvenses asociadas a cultivos y pastizales del Ecuador*. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 216 p.
- Alfaro, J. (2021). Propuesta de tratamiento para el reúso de agua condensada resultante de la destilación de bioetanol. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 16(1), 25-34. <https://revistas.usac.edu.gt/index.php/asa/article/view/1093>
- Alvarado Sánchez, S. y Romero Martínez, K. (2022). *Recuperación de bicarbonato de sodio y reajuste de solución alcalina utilizada para medición del biogás por método de desplazamiento de líquidos*. Tesis. 156 p. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/65344>



Arango Ruiz, A. (2012). Efectos del pH y la conductividad en la electrocoagulación de aguas residuales de la industria láctea. *Producción + Limpia*, 7(1), 59-67. [file:///C:/Users/User%20Pc/Downloads/Dialnet-EfectosDelPHYLaConductividadEnLaElectrocoagulacion-4331975%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/User%20Pc/Downloads/Dialnet-EfectosDelPHYLaConductividadEnLaElectrocoagulacion-4331975%20(3).pdf)

Aristizábal Alzate, C., (2015). Caracterización fisico-química de una vinaza resultante de la producción de alcohol de una industria licorera, a partir del aprovechamiento de la caña de azúcar. *Ing. USBMed*, 6 (2), 36-41. <https://revistas.usb.edu.co/index.php/IngUSBmed/article/view/1729>

Bonaventura, D., Chacartegui, R., Valverde, J. M., Becerra, J. A., Ortiz, C. and Lizana, J. (2018). Dry carbonate process for CO₂ capture and storage: Integration with solar thermal power. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1796-1812. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2017.06.061>

Cartay, R., García Briones, M., Meza Moreira, D., Intriago Estrella, J. y Romero Macias, F. (2019). Caracterización económica de un productor de aguardiente en Junín, Manabí, Ecuador. *ECA Sinergia*, 10(1), 85-97. https://www.redalyc.org/journal/5885/588561543006_movil/ https://www.redalyc.org/journal/5885/588561543006_movil/

Cai, Y., Wang, W., Li, L., Wang, Z., Wang, S., Ding, H., Zhang, Z., Sun, L. and Wang, W. (2018). Effective capture of carbon dioxide using hydrated sodium carbonate powders. *Materials. Basel*, 11(2), 183. <https://doi.org/10.3390/ma11020183>

Christofoletti, C., Escher, J., Correia, J., Julia Fernanda Urbano, J. and Fontanetti, C., (2013). Sugarcane vinasse: Environmental implications of its use. *Waste Management*, 33(12), 2752-2761. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24084103/>

Dirbeba, M. J., Brink, A., Zevenhoven, M., Demartini, N., Lindber, D. and Hupa L. (2019). Characterization of vinasse for thermochemical conversion -fuel fractionation, release of inorganics, and ash melting behavior. *Energy and Fuels*, 33(7), 5840-5848. https://www.researchgate.net/publication/340255432_Effect_of_different_heat_treatments_of_inoculum_on_the_production_of_hydrogen_and_volatile_fatty_acids_by_dark_fermentation_of_sugarcane_vinasse

España-Gamboa, E., Mijangos-Cortes, J., Barahona-Pérez, L., Domínguez-Maldonado, J., Hernández-Zarate, G. and Álvarez-Gaviria, L. (2011). Vinasses: Characterization

and treatments. *Waste Manag Res.*, 29(12), 1235-1250. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21242176/>

González, J., Buedo, S. y Prado F. (2019). La fertirrigación con vinaza de caña de azúcar limita la tasa fotosintética de soja (*Glycine max*, Leguminosae). *Bol. Soc. Argent. Bot.*, 54, 215-223.

Higuita-Vásquez, J., Rojas-González, A. and Pineda-Pineda, S. (2020). Conventional and non-conventional alternatives for vinasse management through physical-chemical or biological technologies: A review. *DYNA Energía y Sostenibilidad*, 9(1), 11 p. DOI: <https://doi.org/10.6036/ES9355>

Ibarra-Camacho, R., León-Duharte, L. y Osoria-Leyva, A. (2019). Caracterización fisico-química de vinazas de destilerías. *Revista Cubana de Química*, 31(2), 1-10. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212019000200246

Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma Técnica Ecuatoriana. NTE INEN 2169 (2013). *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras*. Primera Edición. 26 p. <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%202169%20-%20AGUA.%20%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20%20MUESTREO.%20%20MANEJO%20Y%20CONSERVACI%C3%93N%20DE%20MUESTRAS.pdf>

Krishna, R., Kumar, R. and Srivastava S. (2008). Design of optimum response surface experiments for electro-coagulation of distillery spent wash. *Water Air Soil Pollut.*, 191(1-4), 5-13. https://www.researchgate.net/publication/248768613_Design_of_Optimum_Response_Surface_Experiments_for_ElectroCoagulation_of_Distillery_Spent_Wash

Magrini, F. E., Machado de Almeida, G., da Maia Soares, D., Fuentes. L., Ecthebehere, C., Beal, L. L., Moura da Silveira, M. and Paesi, S. (2020). Effect of different heat treatments of inoculum on the production of hydrogen and volatile fatty acids by dark fermentation of sugarcane vinasse. *Biomass Convers Biorefinery*, 11, 2443-2456. https://www.researchgate.net/publication/340255432_Effect_of_different_heat_treatments_of_inoculum_on_the_production_of_hydrogen_and_volatile_fatty_acids_by_dark_fermentation_of_sugarcane_vinasse

Malacatus, P., Chamorro, E. y Orellana, G. (2016). Análisis de eficiencia de remoción de contaminantes de los sistemas

- de tratamiento de aguas residuales en extracción de aceite de palma. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 1(2), 61-68.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo N° 97/A - Norma de calidad ambiental y de descarga de efuentes al recurso agua* (Anexo 1, Libro VI de la Calidad Ambiental, del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente). <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- Moran-Salazar, R., Sánchez-Lizárraga, A., Rodríguez-Campos, J., Dávila-Vázquez, G., Marino-Marmolejo, G., Dendooven, L. and Contreras-Ramos, S. (2016). Utilization of vinasses as soil amendment: consequences and perspectives, *SpringerPlus*, 5, 1-11. DOI 10.1186/s40064-016-2410-3
- Ospina-León, L., Manotas-Duque, D. y Ramírez-Malule, H. (2023). Desafíos y oportunidades de la vinaza de caña de azúcar. Un análisis bibliométrico. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, 25(1). e21312144. <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i1.12144>
- Romero Rojas, J., A. (1999). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño* (Tercera edición ed.). Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería https://www.academia.edu/41246680/Tratamiento_de_Aguas_Residuales_Romero_Rojas
- Sharifi, A., Noshahri, N., Mehrjer, M., Ameri, M., Seyedabadi, M. and Kharrazi, M. (2022). Evaluation of using vinasse as fertigation on growth traits of Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Vegetables Sciences, Spring & Summer*, 6 (11), 47-57. doi: 10.22034/ivvs.2022.547109.1191 A
- Santos, S., Rosa, P. R. F., Sakamoto, I. K., Amâncio Varesche, M. B. and Silva, E. (2014). Hydrogen production from diluted and raw sugarcane vinasse under thermophilic anaerobic conditions. *Int. J. Hydrogen Energy*, 39(18), 9599-9610.
- Soto, M., Díaz, C., Zapata, A. and Higuita, J. (2021). BOD and COD removal in vinasses from sugarcane alcoholic distillation by *Chlorella vulgaris*: Environmental evaluation. *Biochemical Engineering Journal*, 176, 108191.
- TULSMA (2017). *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente*. Ultima modificación: 29-mar-2017 <https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Ever Morales Avendaño	Diseño de la investigación; colecta de muestras, selección de unidades experimentales, revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Jhonny Manuel Navarrete	Monitoreo de experimentos, traslado de muestras, preparación del manuscrito, corrección de estilo.
Marvin Zambrano Lara	Montaje y monitoreo de los experimentos, colecta de muestras, elaboración de gráficas y revisión de los datos.
Francesco Garzón Cedeño	Montaje y monitoreo de los experimentos colecta de muestras, elaboración de figuras. Análisis de datos.



Tendencia genética en bovinos de aptitud cárnea en la hacienda La Victoria, provincia del Guayas

Genetic trends in beef cattle in La Victoria farm, Guayas province

Autores

- ✉ ¹*Carlos Octavio Larrea-Izurieta 
- ✉ ²Luis Favian Cartuche-Macas 
- ✉ ¹Javier Atilio Alcívar-Cedeño 
- ✉ ¹Ramón Junior Moreira-Obando 

¹Carrera de Medicina Veterinaria, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Campus Politécnico El Limón, km 2,7 vía Calceta-El Morro-El Limón, Manabí, Ecuador.

²Responsable de la dirección del Instituto de Biodiversidad y de la Dirección de Vinculación con la Sociedad, Universidad Intercultural de Nacionalidades y Pueblos Indígenas Amawtay Wasi. Quito, Ecuador.

Resumen

Se analizaron las tendencias genéticas del peso al nacimiento (PN) y del peso al destete ajustado a 205 días (PD) en hembras mestizas con ascendencia Brahman, nacidas entre 2005 y 2021 en la hacienda “La Victoria”, cantón Bucay, provincia del Guayas. Se evaluaron 946 animales, con 351 registros para PN y 314 para PD, elaborados entre 2011 y 2021. El modelo estadístico y animal incorporó efecto aleatorio de los padres y consideró efectos fijos: año de nacimiento y composición racial. Para el análisis de varianza se aplicó el procedimiento modelo lineal general (GLM) utilizando el paquete estadístico SAS. Se estimaron componentes de varianza y parámetros genéticos de PN y PD, a través del software VCE v.6, y para estimar valores de cría, se empleó el software MTDFRELM, a través del sistema de evaluación del mejor predictor lineal insegado. El promedio fue de $37,64 \pm 2,35$ kg para PN y $195,09 \pm 30,12$ kg para PD. Se identificaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) para efectos aleatorios y fijos. La heredabilidad estimada fue de $0,137 \pm 0,209$ para PN y $0,454 \pm 0,177$ para PD. Se encontró correlación genética de $-0,181$ entre estos dos rasgos. Se observó un aumento anual promedio de $0,3055$ kg ($R^2 = 0,0633$) para PN y $0,5879$ kg ($R^2 = 0,0491$) para PD. Se concluyó que la baja heredabilidad de PN se encuentra influenciada por factores no genéticos y alta heredabilidad encontrada para PD tiene mayor influencia genética aditiva; aun así, las tendencias genéticas para ambos caracteres fueron cercanas a cero y no muestran progreso genético.

Palabras clave: peso al nacimiento; peso al destete; varianza genética; correlación genética; heredabilidad.

Abstract

The genetic trends of birth weight (PN) and weaning weight adjusted to 205 days (PD) were analyzed in crossbred females with Brahman ancestry, born between 2005 and 2021 on the “La Victoria” farm, Bucay canton, Guayas province. Were evaluated 946 animals, with 351 records for PN and 314 for PD, prepared between 2011 and 2021. The statistical and animal model incorporated a random effect of the parents and considered fixed effects: year of birth and racial composition. For the analysis of variance, the general linear model (GLM) procedure was applied using the SAS statistical package. Variance components and genetic parameters of PN and PD were estimated through the VCE v.6 software, and to estimate breeding values, the MTDFRELM software was used through the evaluation system of the Best Unbiased Linear Predictor. The average was 37.64 ± 2.35 kg for PN and 195.09 ± 30.12 kg for PD. Highly significant differences ($P \leq 0.01$) were identified for random and fixed effects. The estimated heritability was 0.137 ± 0.209 for PN and 0.454 ± 0.177 for PD. A genetic correlation of -0.181 was found between these two traits. An average annual increase of 0.3055 kg ($R^2 = 0.0633$) for PN and 0.5879 kg ($R^2 = 0.0491$) for PD was observed. It is concluded that the low heritability of PN is influenced by non-genetic factors and the high heritability found for PD has greater additive genetic influence; Even so, genetic trends for both traits were close to zero and show no genetic progress.

Keywords: birth weight; weaning weight; genetic variance; genetic correlation; heredability.

Recibido: Julio 25, 2023

Aceptado: Noviembre 12, 2023

Publicado: Diciembre 01, 2023



Introducción

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2023), para el año 2022, Ecuador registró una población bovina de 3.861.711 cabezas. En este censo, la región Sierra se destacó ocupando el primer lugar con un 52,99% del total, seguida de la región Costa con un 38,54% y la región Amazónica con un 8,47%. Entre las razas bovinas, los animales Brahman o Cebú representaron el 12,72% de la población nacional, lo que equivalió a un total de 491.057 ejemplares. Además, es importante mencionar que la provincia de Manabí albergó el 27,91% de la población nacional de cebuinos productores de carne, lo que se tradujo en 137.066 cabezas.

En muchas explotaciones en el trópico ecuatoriano, los ganaderos tienen poca información o no usan registros genealógicos, productivos y reproductivos, lo que limita la estimación de los parámetros genéticos, restringiendo el avance genético de las explotaciones (Larrea-Izurieta et al., 2019). Desde el punto de vista genético, existen muchos esfuerzos y desafíos alrededor del mundo tropical para conseguir razas adaptadas a las condiciones del clima, alimentos, escasez de agua y de resistencia a patógenos que ofrezcan mejores niveles de producción y reproducción que los actuales (Haro-Oñate, 2003; Martínez-Rocha et al., 2018).

Todo cambio derivado de la mejora genética implica beneficios tanto para el productor como para los consumidores, a corto y largo plazo; es importante que se desarrollen planes de mejora genética conforme al contexto económico, ambiental y social y que estos formen parte de los planes nacionales de desarrollo pertinentes a la producción (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2010). El progreso genético de una población puede cuantificarse al estimar la respuesta de selección, la cual evalúa los cambios genéticos obtenidos a través de los años, misma que es imprescindible para evaluar y dar seguimiento al progreso genético obtenido y ajustar los objetivos de selección que maximicen dicho progreso de ser necesario (Larios-Sarabia et al., 2020).

Generalmente en las explotaciones de cría animal en Ecuador se realiza una selección fenotípica a los animales en forma individual o grupal, estas selecciones representan los padres de las siguientes generaciones, brindando poca orientación para selección de reproductores y poca orientación, ya que se escoge el animal por fenotipo y no por su genotipo (Larrea-Izurieta et al., 2019). El propósito de esta investigación fue estimar los parámetros y tendencias genéticas para el peso al nacimiento y al destete ajustado a 205 días de edad de hembras bovinas registradas en la hacienda La Victoria, catón Bucay, provincia de Guayas.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio, animales y registros

El estudio se realizó en la Hacienda “La Victoria”, ubicada en el cantón General Antonio Elizalde (Bucay), Provincia del Guayas, situada en las coordenadas 2°12'21" S y 79°15'58" O, a 297 msnm, con una pluviosidad anual de 122,70 mm y temperatura promedio anual de 26 °C.

Se analizó la información fenotípica y genealógica ingresada en el software ganadero SG® v.19 de 946 animales registrados entre los años 2005 y 2021; sin embargo, se encontró con información productiva desde 2011; los datos se depuraron en el software Microsof Excel® para construir las matrices según los requerimientos de los diferentes paquetes estadísticos y de evaluación genética, se ajustó el peso al destete, utilizando la fórmula sugerida por Silva-Contreras et al. (2013). Se aplicó la metodología RELM (máxima verosimilitud restringida) para estimación de componentes de la varianza con el software VCE v.6.0 (Groeneveld et al., 2008) y para la predicción de los valores de cría se aplicó la metodología BLUP (mejor predictor lineal insesgado) con el software MTDFRELM (Boldman et al., 1995), se corrió el modelo animal multivariado para peso al nacimiento (PN) y peso ajustado a 205 días de edad (PD).

Se encontraron 14 composiciones raciales constituidas por las razas Angus (ANG), Brahman (BRA), Charolise (CHA), Simental (SIM), Holstein (HOL) y Gyr (GYR) en diferente proporción individual, en cada animal de la población evaluada desde el año 2005. Para el análisis del PN y PD se observaron seis composiciones de diferente proporción con base Brahman, siendo así Brahman puro (BRA/100) Brangus media sangre (ANG/50-BRA/50), Brangus tres cuartos (BRA/75-ANG/25), Charbray media sangre (CHA/50-BRA/50), Charbray tres cuartos (BRA/75-CHA/25) y Simbrah media sangre (SIM/50-BRA/50).

Ánalisis estadístico y genético

La información ingresada en el programa Microsoft Excel, se utilizó también en el paquete estadístico SAS University Edition® en el que se aplicó el procedimiento PROC MEAN para obtener los estadísticos descriptivos de número de datos, promedio, desviación estándar, valor mínimo y máximo y coeficiente de variación. Para el análisis de la varianza de los efectos fijos (año de nacimiento y composición racial) y aleatorios (animal) que intervienen las variables de PN y PD, se aplicó el procedimiento PROC GLM con el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + e_{ijkl}$$

Donde: Y_{ijkl} = variable en estudio (PN y PD); μ = promedio general de la variable en estudio (PN y PD); A_i = efecto del i -ésimo animal; B_j = efecto del j -ésimo año de nacimiento; C_k = efecto de la k -ésima composición racial y e_{ijkl} = efecto residual. Además, se aplicó la prueba de Duncan para la separación de medias de los efectos fijos y aleatorios analizados.

Se utilizó el análisis genético estadístico para las variables PN y PD, para estimar los componentes de la varianza, heredabilidad y correlación genética a nivel de la población analizada y la predicción de los valores de cría a través del BLUP, con un modelo animal a nivel individual, se consideraron los efectos fijos de los grupos contemporáneos (composición racial y año de nacimiento) y aleatorios (animal), a los que se le aplicó el siguiente modelo animal bi-carácter:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

Donde: Y_1 , Y_2 = vector de los registros de PN (Y_1) y PD (Y_2); b_1 , b_2 = vector de los efectos fijos incluyendo los grupos contemporáneos definidos por la combinación de composición racial y año de nacimiento para cada carácter; a_1 , a_2 = vector de los efectos aleatorios genéticos aditivos directos para cada carácter; X_1 , X_2 = matrices de incidencia que relacionaron las observaciones Y_1 y Y_2 con los respectivos efectos fijos; Z_1 , Z_2 = matrices de incidencia que relacionaron las observaciones Y_1 y Y_2 con los respectivos efectos genéticos aditivos y e_1 , e_2 = vector de residuales aleatorios.

El modelo fue aplicado a través del software VCE v.6 para estimar componentes de la varianza y parámetros genéticos y para valores de cría se utilizó el software MTDFRELM, a través del sistema de evaluación del mejor predictor lineal insesgado (BLUP). Una vez estimado el valor genético para cada animal, se estimó la tendencia genética para cada carácter, como la regresión de los valores genéticos promedios anuales (Vergara-Garay et al., 2014) mediante el procedimiento PROC REG del software SAS versión estudiantil.

Resultados y discusión

Se analizaron 946 registros genealógicos y productivos de bovinos macho (67) y hembra (879) de diferente composición racial, con base Brahman nacidos entre los años 2005 y 2021, identificados dentro de la Hacienda "La Victoria" en el cantón Bucay, provincia del Guayas; se consideraron los registros productivos de las hembras desde el año 2011 con 351 para PN y 314 para PD. Cabe recalcar que los machos solo fueron los padres de los animales evaluados, por lo que no se contó con PN y PD de estos, ya que en la explotación se usa inseminación artificial. En la tabla 1 se observan los resultados de los estadísticos descriptivos para cada carácter analizado.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos para pesos al nacimiento y al destete.

ITEM	PN	PD
Promedio (kg)	37,64	195,09
Desviación estándar (kg)	±2,35	±30,12
Coeficiente de variación (%)	6,23	15,44
Mínimo (kg)	32	122
Máximo (kg)	45	300
Número de registros	351	314

PN = peso al nacimiento; PD = peso al destete ajustado a 205 días de edad.

Evaluación de los efectos fijos

En cuanto al PN, se identificó diferencia altamente significativa ($P \leq 0,01$) al comparar los promedios según la composición racial de los animales. Se observó que aquellos de mestizaje ANG/50-BRA/50 presentaron el mayor PN, con un valor de $40,40 \pm 2,37$ kg, y esta diferencia fue estadísticamente significativa en comparación con los otros grupos contemporáneos en el estudio. Por otro lado, los animales con el PN más bajo pertenecían al grupo BRA/75-ANG/25, con una media de $36,67 \pm 2,08$ kg.

En cuanto al PD, también se observó diferencia altamente significativa ($P \leq 0,01$) al analizar por año de nacimiento, la población nacida en 2019 difirió de los demás grupos contemporáneos con un promedio de $250,29 \pm 23,63$ kg, mientras que los grupos que tuvieron menor peso correspondieron a los animales que nacieron en 2013 con $173,44 \pm 20,25$ kg, 2016 con $180,20 \pm 22,31$ kg, 2020 con $175,22 \pm 21,41$ kg y 2021 con $176,00 \pm 17,85$ kg (tabla 2), por lo que se asumió el efecto de la pandemia por COVID-19, la cual afectó la mano de obra para la realización de las actividades de campo, atribuido a que los empleados estaban infectados y aislados en cuarentena (Solórzano-Calderón y Benítez-Dueñas, 2021).

Tabla 2. Promedio de peso al nacimiento y peso al destete por año de nacimiento.

Año de nacimiento	PN		PD	
	N	Media ± D.E.	N	Media ± D.E.
2011	22	$38,32 \pm 2,75$ BCD	15	$212,80 \pm 17,70$ CD
2012	27	$38,48 \pm 2,67$ ABC	23	$205,96 \pm 26,00$ D
2013	25	$36,84 \pm 2,15$ EF	25	$173,44 \pm 20,25$ E
2014	27	$37,78 \pm 2,28$ BCDEF	27	$224,63 \pm 30,92$ BC
2015	68	$37,00 \pm 1,80$ DEF	61	$199,77 \pm 24,36$ D
2016	62	$36,42 \pm 1,63$ F	49	$180,20 \pm 22,31$ E
2017	39	$37,54 \pm 1,94$ CDEF	36	$200,39 \pm 24,10$ D
2018	10	$39,80 \pm 2,35$ A	9	$229,78 \pm 34,66$ B
2019	7	$38,00 \pm 2,58$ BCDE	7	$250,29 \pm 23,63$ A
2020	47	$38,81 \pm 2,44$ ABC	45	$175,22 \pm 21,41$ E
2021	17	$39,06 \pm 2,97$ AB	17	$176,00 \pm 17,85$ E
Probabilidad		<0,001		<0,001

Letras iguales en la misma columna no son diferentes significativamente ($p > 0,05$). N = Población; D.E. = Desviación estándar; PN = Peso al nacimiento; PD = Peso al destete ajustado a 205 días de edad



Para el PN se encontró diferencia altamente significativa ($P \leq 0,01$) al comparar los promedios por composición racial y se observó con mayor PN los animales de mestizaje ANG/50-BRA/50 con $40,40 \pm 2,37$ kg, el mismo que difirió estadísticamente con los demás grupos contemporáneos en el estudio; sin embargo, los animales con PN más bajo fueron BRA/75-ANG/25 que presentaron una media de $36,67 \pm 2,08$ kg.

Para el PD por composición racial se encontró diferencia significativa ($P=0,030$) entre los grupos raciales y se observó que los animales BRA/75-ANG/25 y BRA/50-SIM/50 difirieron estadísticamente de los demás grupos contemporáneos con $161,67 \pm 24,01$ y $165,68 \pm 13,25$ kg, respectivamente, y se destacaron los animales de raza BRA/100 con $200,16 \pm 30,01$ kg (tabla 3). Hernández-Hernández et al. (2015) reportaron que las fuentes de variación tanto para PN como para PD presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) por efecto de factores ambientales.

Tabla 3. Promedio de peso al nacimiento y peso al destete por composición racial.

Composición racial	PN		PD	
	N	Media ± D.E.	N	Media ± D.E.
BRA/100	187	$37,32 \pm 2,12$ ^B	164	$200,16 \pm 30,01$ ^A
ANG/50-BRA/50	20	$40,40 \pm 2,37$ ^A	20	$196,50 \pm 27,67$ ^A
CHA/50-BRA/50	63	$38,35 \pm 2,52$ ^B	57	$197,09 \pm 31,73$ ^A
SIM/50-BRA/50	19	$38,21 \pm 2,46$ ^B	19	$165,68 \pm 13,25$ ^B
BRA/75-CHA/25	59	$36,86 \pm 1,96$ ^B	51	$188,90 \pm 26,76$ ^A
BRA/75-ANG/25	3	$36,67 \pm 2,08$ ^B	3	$161,67 \pm 24,01$ ^B
Probabilidad		<0,001		0,030

Letras iguales en la misma columna no son diferentes significativamente ($P > 0,05$). N= población; D.E.= desviación estándar; PN= peso al nacimiento; PD= peso al destete ajustado a 205 días de edad; ANG= Angus; BRA= Brahman; CHA= Charolise; SIM= Simmental.

Componentes de la covarianza, heredabilidad y correlación genética

En la tabla 4 se observa los valores de los componentes de la varianza fenotípica (σ^2_p), varianza genética aditiva directa (σ^2_a), varianza del error (σ^2_e), heredabilidad (h^2_a) y correlación genética (rg PN-PD) para PN y PD. En la etapa de predestete, los animales tuvieron la tasa de crecimiento más alta de toda su vida, esta tasa de crecimiento fue una medida del potencial de crecimiento de la cría, dado los efectos genéticos aditivos directos y de las cualidades individuales de las madres, a través aspectos fisiológicos y etológicos, así como la producción de leche, definidos como efectos genéticos aditivos maternos (Rodríguez-Almeida et al., 2019).

También se pudo observar en la tabla 4 que la heredabilidad (h^2) para el PN en este estudio fue de $0,137 \pm 0,209$ inferior a lo reportado en Brahman en Bangladesh con 0,87 (Mahbubul et al., 2020), Botswana con 0,57 (Rakwadi et al., 2014), México con 0,41 (Estrada-León et al., 2014) y Nelore en Brasil con 0,25 (Chud et al., 2014).

Tabla 4. Componentes de la varianza y parámetros genéticos estimados para pesos al nacimiento y al destete.

Parámetro	PN	PD
σ^2_a	0,649	261,061
σ^2_e	4,105	314,463
σ^2_p	4,754	575,524
$h^2_a \pm EE$	$0,137 \pm 0,209$	$0,454 \pm 0,177$
σg_{PN-PD}	-2,354	
rg_{PN-PD}	-0,181	

PN= peso al nacimiento; PD= peso al destete; σ^2_a = varianza genética aditiva directa; σ^2_e = varianza del error; σ^2_p = varianza fenotípica; h^2_a = heredabilidad directa; EE= error estándar; σg PN-PD= covarianza genética entre PN y PD; rg PN-PD= correlación genética entre PN y PD.

Para el PD se encontró una h^2 de $0,454 \pm 0,177$ (tabla 4), la misma que fue superior a los valores reportados para cruces multirraciales de ganado de carne en Colombia con 0,27 (Vergara-Garay et al., 2014), Brahman en Tailandia con 0,28 (Kamprasert et al., 2019), Bangladesh con 0,33 (Mahbubul et al., 2020), Brasil con 0,11 (Vargas et al., 2014), Nelore en Brasil con 0,28 (Chud et al., 2014), México con 0,43 (Estrada-León et al., 2014) y cruce de composición multirracial con base Brahman en Manabí con 0,13 (Larrea-Izurieta et al., 2019). La h^2 para PD en esta investigación fue inferior a los resultados indicados en Brahman en Botswana con 0,53 (Rakwadi et al., 2014), y Colombia con 0,47 (Martínez et al., 2006).

La correlación genética entre PN y PD (rg PN-PD) fue de -0,181 (tabla 4), superior al valor reportado en Brahman en Colombia con -0,2 (Montes et al., 2008) e inferior a los valores encontrado en Brahman en Bangladesh con 0,16 (Mahbubul et al., 2020) y Nelore en Brasil con 0,36 (Chud et al., 2014). Una correlación genética alta y negativa se debió al reducido número de descendientes por hembra y la poca información disponible de la hembra, resultado de la estructura de la información y no de una relación negativa real, como fue el caso del PN (Manzanilla-Pech et al., 2012).

Tendencias genéticas

Al hacer una selección progresiva, permitió que los animales con diferencia esperada de la progenie positivos y con mayor

Tendencia genética en bovinos de aptitud cárnea

valor, aumentaron la expresión de los caracteres de importancia económica y con esto, el aumento de la eficiencia del sistema de producción de carne (Ossa et al., 2008). Las tendencias genéticas tanto para el PN y el PD, se mostraron positivas y cercanas a cero con 0,3055 kg ($R^2= 0,0633$) y 0,5879 kg ($R^2= 0,0491$) respectivamente, como se observó en la figura 1a y 1b; sin embargo, los coeficientes de correlación no pudieron explicar las variaciones de cada uno de los caracteres, similar a lo reportado por Ossa et al. (2008), quienes concluyeron que no hubo progreso genético.

Los promedios de los valores genéticos observados por año fueron muy variables, la misma que pudo ser causada, probablemente por cambios climáticos y de régimen de lluvias que se presentaron en la explotación, los cuales influyeron directamente en el estado de bienestar de los animales e indirectamente afectaron la disponibilidad y calidad del forraje que consumió la madre, durante el último tercio de la gestación, etapa en donde tuvo lugar la mayor tasa de crecimiento del feto y, consecuentemente, una mayor exigencia de nutrientes por parte de la madre (Martínez et al., 2006).

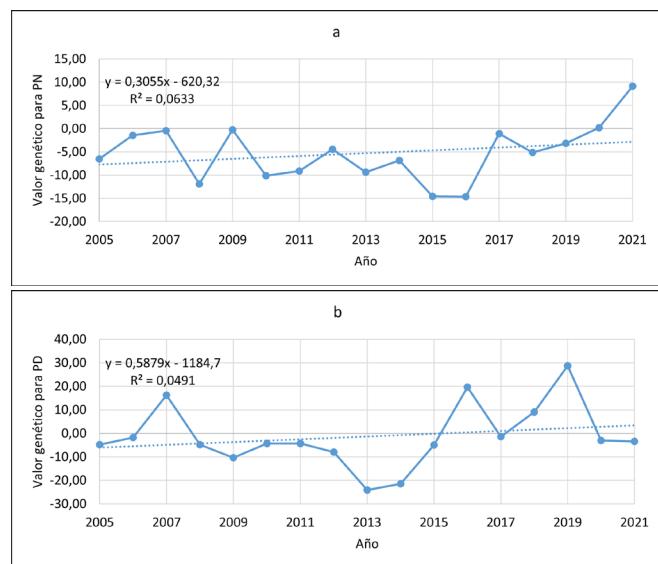


Figura 1. Tendencia genética. (a) Peso al nacimiento por año. (b) Peso al destete ajustado a 205 días por año. PN= peso al nacimiento; PD= peso al destete ajustado a 205 días de edad.

Martínez et al. (2006) mencionó que generalmente se ha reportado para el trópico una variación fenotípica, que se debe a la alta proporción de efectos ambientales, más que a efectos genéticos, por lo que coincidió con la conclusión de Vergara-Garay et al. (2014), que indicó que los animales puro Cebú o con altas proporciones de Cebú tuvieron mayor capacidad de crecimiento que en otras razas.

Conclusión

La heredabilidad encontrada para el peso al nacimiento es baja ($0,137 \pm 0,209$), mientras que para el peso al destete fue alta ($0,454 \pm 0,177$) con una correlación genética cercana a cero, por lo que se puede considerar seleccionar animales por esta

última característica para mejorar el desempeño productivo, sin descuidar el peso al nacimiento para mejorar el progreso genético, aprovechando la heterosis de los diferentes cruces con base Brahman para mejorar el rendimiento productivo, económico y de adaptación al medio a través de una adecuada selección de los animales reproductores para las siguientes generaciones.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

- Boldman, K. G., Kriese, L. A., Van Vleck, L. D., Van Tassel, C. P. and Kachman, S. D. (1995). A manual for use of MTDFRELM. *A set of program to obtain Estimates of Variances and Covariances*. ARS. USDA. Washington, DC.
- Chud, T. C. S., Caetano, S. L., Buzanskas, M. E., Grossi, D. A., Guidolin, D. G. F., Nascimento, G. B., Rosa, J. O., Lôbo, R. B. and Munari, D. P. (2014). Genetic analysis for gestation length, birth weight, weaning weight, and accumulated productivity in Nellore beef cattle. *Livest Sci.*, 170, 16-21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.09.024>
- Estrada-León, R. J., Magaña-Monforte, J. G. and Segura-Correa, J. C. (2004). Estimation of genetic parameters for preweaning growth traits of Brahman cattle in Southeastern Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.*, 46, 771-776. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-014-0563-z>
- Groeneveld, E., Kovac, M. and Mielenz, N. (2010). VCE v6.0. *User's Guide and Reference Manual Version 6.0*. <ftp://ftp.tzv.fal.de/pub/vce6/doc/vce6-manual-3.1-A4.pdf>.
- Haro-Oñate, R. (2003). *I Informe sobre recursos zoogenéticos: Ecuador*. <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/a1250e/annexes/CountryReports/Ecuador.pdf>
- Hernández-Hernández, N., Martínez-González, J., Parra-Bracamonte, G., Ibarra-Hinojosa, M., Briones-Encinia, F., Saldaña-Campos, P. and Oregua-Rivas, E. (2015). Non-genetic effects on growth characteristics of Brahman cattle. *Rev. MVZ Córdoba*, 20(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-02682015000100005&script=sci_arttext&tlang=en
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2023). *Estadísticas agropecuarias*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Kamprasert, N., Duijvesteijn, N. and Van-der-Werf, J. H. (2019). Estimation of genetics parameters for BW and body measurements in Brahman cattle. *Animal*, 13(8), 1576-1582. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731118003348>
- Larios-Sarabia, N., Ramírez-Valverde, R., Núñez-Domínguez, R., García-Muñiz, J. y Ruiz-Flores, A. (2020). Impacto



- de las evaluaciones genéticas en las tendencias genéticas de bovinos Jersey y Suizo Americano en México. *Nova Scientia*, 12(1), 1-24. <https://doi.org/10.21640/ns.v12i24.2305>
- Larrea-Izurieta, C., Vera-Loor, L., Cedeño-Pozo, J., Maingón-Navia, R., Zambrano-Pinargote, L., y Condo-Plaza, L. (2019). Diferencia esperada de progenie para peso al destete en selección de vaquillas mestizas en Manabí. *Revista MVZ Córdoba*, 24(2), 7193-7197. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1293>
- Mahbubul, M., Khandokar, M. A. M., Islam, R. and Hoke, A. (2020). Estimation of genetic parameters for growth traits in Brahman crossbred cattle of Bangladesh. *J. Bangladesh Agril Uni.*, 18(1); 385-391. <https://www.ejmanager.com/mnstamps/200/200-1586757860.pdf?t=1647735352>
- Manzanilla-Pech, C. I., Torres-Vásquez, J. A., Borrayo-Zepeda, A., Ríos-Utrera, A., Baeza-Rodríguez, J. J., Martínez-Velásquez, G., Vega-Murillo, V. E. y Montaño-Bermúdez, M. (2012). Estimación de parámetros genéticos para características de crecimiento en borregos Katahdin usando diferentes modelos. *Rev. Mex Cienc Pecu.*, 3(4), 487-500. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242012000400007
- Martínez, R. A., Pérez, J. E. y Herazo, T. (2006). Evaluación fenotípica y genética para características de crecimiento en la raza criolla colombiana Costeño con cuernos. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(2), 12-20. <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945021002.pdf>
- Martínez-Rocha, R., Ramírez-Valverde, R., Núñez-Domínguez, R. y García-Muñiz, J. G. (2018). Parámetros y tendencias genéticas de variables de crecimiento para bovinos Romosinuano en México. *Nova Scientia*, 10(2), 310-325. <https://doi.org/10.21640/ns.v10i21.1595>
- Montes, D., Vergara, O., Prieto, E. y Rodríguez, A. (2008). Estimación de los parámetros genéticos para el peso al nacer y al destete en ganado bovino de la raza Brahman. *Rev. MVZ Córdoba*, 13(1), 1184-1191. https://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682008000100009
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2010). *Métodos de mejora genética en apoyo de una utilización sostenible*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Ed.). Estado de la gestión de recursos zoogenéticos. p. 417-468. <http://www.fao.org/3/a1250s/a1250s18.pdf>
- Ossa, G. A., Pérez, J. E. y Suárez, M. A. (2008). Valores genéticos de caracteres productivos y reproductivos en bovinos Romosinuano. *Revista Corpica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 9(1), 93-101. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5624792>
- Rakwadi, E., Nsoso, S. J., Gondwe, T. N. and Banda, J. W. (2014). Estimates of phenotypic and genetic parameters and responses to selection in growth traits in three beef cattle breeds raised under ranch conditions in Botswana. *Botswana Journal of Agriculture and Applied Sciences*, 10(1). <https://ubrisa.ub.bw/handle/10311/1719>
- Rodríguez-Almeida, F. A., Pérez-Camacho, C., Domínguez-Viveros, J. y De-La-Cruz-Colin, L. (2019). Efectos genéticos en el crecimiento de corderos Hampshire. *Arch. Zootec.*, 68(262), 294-298. <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/4149/2490>
- Silva-Contreras, A., Martínez-González, J. C., Briones-Encina, F., Castillo-Rodríguez, S. P. y Hernández-Meléndez, J. (2013). Comportamiento productivo de un hato Charolais bajo condiciones de trópico en Tamaulipas, México. *Revista Científica UDO Agrícola*, 13(1), 140-145. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6055503>
- Solórzano-Calderón, A. O. y Benítez-Dueñas, A. A. (2021). *Ánalisis de parámetros reproductivos de ganaderías lecheras en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas en los tiempos de COVID-19*. [Tesis de Maestría, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”]. <http://repositorio.espan.edu.ec/handle/42000/1589>
- Vargas, G., Buzanskas, M. E., Gomes-Freire, D., Do-Amaral-Grossi, D., Da-Silva-Bonifácio, A., Barbosa-Lôbo, R., Da-Fonseca, R., De-Oliveira, J. A. and Prado-Munari, D. (2014). Genetic parameters estimations for pre- and post-weaning traits in Brahman cattle in Brazil. *Trop. Anom. Health Prod.*, 46, 1271-1278. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-014-0640-3>
- Vergara-Garay, O., Simanca-Sotelo, J. y Salgado-Otero, R. (2014). Heredabilidades, correlaciones y tendencias genéticas para características pre y post destete en una población multirracial de ganado de carne en Colombia. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 26(4), 331-340. <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/6775>

Contribución de los autores

Autores

Contribución

- Carlos Octavio Larrea-Izurieta Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
- Luis Favian Cartuche-Macas Participó en la preparación y edición del manuscrito, revisión bibliográfica, análisis de datos y corrección de estilo.
- Javier Atilio Alcívar-Cedeño Participó en la preparación y edición del manuscrito, corrección de estilo, revisión bibliográfica.
- Ramón Junior Moreira-Obando Participó en la preparación y edición del manuscrito, corrección de estilo, revisión bibliográfica.



Seroprevalencia de la rinotraqueitis infecciosa bovina de la provincia de Cotopaxi, Ecuador

Seroprevalence of bovine infectious rhinotracheitis in the province of Cotopaxi, Ecuador

Autores

- ✉ ¹*Katherine Priscila Vizuete Jaramillo* 
- ✉ ²*Blanca Mercedes Toro Molina* 
- ✉ ³*Lisbeth Mariela Donoso Vega* 
- ✉ ³*Evelyn Susana Ortega Cuamacás* 
- ✉ ³*Lucia Monserrath Silva Déley* 
- ✉ ³*Nancy Margoth Cueva Salazar* 

¹Maestría en Ciencias Veterinarias. Unidad Académica de Posgrado. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.

²Maestría en Ciencias Veterinarias. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.

³Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Vizuete Jaramillo, K. P., Toro Molina, B. M., Donoso Vega, L. M., Ortega Cuamacás, E. S., Silva Déley, L. M. y Cueva Salazar, N. M. (2023). Seroprevalencia de la rinotraqueitis infecciosa bovina de la provincia de Cotopaxi, Ecuador. *La Técnica*, 13(2), 108-113. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v13i2.5908>

Recibido: Junio 26, 2023

Aceptado: Octubre 06, 2023

Publicado: Diciembre 01, 2023

Resumen

La rinotraqueitis infecciosa bovina (RIB) es una enfermedad de distribución mundial, causante de infertilidad y aborto en el ganado vacuno, y por consiguiente grandes pérdidas económicas. Por ello, el objetivo de la investigación fue determinar la prevalencia de la rinotraqueitis infecciosa bovina en la provincia de Cotopaxi, Ecuador. Fueron muestreados una total de 396 bovinos de ambos sexos y diferentes edades y razas, de los cantones Latacunga, La Maná, Pangua, Pujilí, Salcedo, Saquisilí y Sigchos. Se realizó la prueba de inmunoabsorción ligado a enzimas indirectas (ELISA-i) para detectar casos positivos a la enfermedad, análisis desarrollados en los laboratorios de la Clínica Veterinaria, Universidad Técnica de Cotopaxi. El análisis estadístico incluyó el ordenamiento de los datos en tablas de frecuencias, desarrollando un análisis descriptivo con el programa Microsoft Excel y medidas de frecuencia a través de la prevalencia. Se utilizó el programa R para realizar la prueba de χ^2 (Chi-cuadrado) asociada a la prevalencia de la enfermedad y los factores sexo, edad y raza. Se detectaron anticuerpos del virus causante de la rinotraqueitis infecciosa bovina en todos los cantones pertenecientes a la Provincia de Cotopaxi, con una prevalencia general de 45,37%, siendo significativamente mayor en el cantón Pangua con un 72,2% y con valores superiores al 50% en La Maná y Sigchos. Tanto machos como hembras registran alta positividad a la enfermedad, con altos niveles de prevalencia en animales > 2 años de edad, determinando en el caso de la raza que los genotipos Gyrolando y Criollo registraron la mayor positividad con 73,3 y 65,3%, respectivamente. Catalogándose también como de alta para las razas Holstein (36,6%) y Brown Swiss (42,8%).

Palabras clave: prevalencia; IBR; ELISA; bovinos; serología.

Abstract

Infectious bovine rhinotracheitis (IBR) is a disease with worldwide distribution, causing infertility and abortion in cattle, and consequently great economic losses. Therefore, the objective of the research was to determine the prevalence of bovine infectious rhinotracheitis in the province of Cotopaxi, Ecuador. A total of 396 bovines of both sexes and different ages and breeds from the cantons of Latacunga, La Maná, Pangua, Pujilí, Salcedo, Saquisilí and Sigchos were sampled. The enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA-i) test was carried out to detect positive cases of the disease, analyzes developed in the laboratories of the Veterinary Clinic, Technical University of Cotopaxi. The statistical analysis included the ordering of the data in frequency tables, developing a descriptive analysis with the Microsoft Excel program and frequency measurement through prevalence. The R program was used to perform the χ^2 (Chi-square) test associated with the prevalence of the disease and the factors of sex, age, race. Antibodies to the virus that causes infectious bovine rhinotracheitis were detected in all the cantons belonging to the Province of Cotopaxi, with a general prevalence of 45.37%, being significantly higher in the Pangua canton with 72.2% and with values higher than the 50% in La Maná and Sigchos. Both males and females register high positivity to the disease, with high levels of prevalence in animals > 2 years of age, determining in the case of the breed that the Gyrolando and Criollo genotypes register the highest positivity with 73.3 and 65.3%, respectively. Also classified as high for the Holstein (36.6%) and Brown Swiss (42.8%) breeds.

Keywords: prevalence; IBR; ELISA; cattle; serology.



Introducción

La rinotraqueitis infecciosa bovina (RIB) es una enfermedad de distribución mundial que afecta principalmente el tracto respiratorio y reproductivo de los bovinos (Muratore et al., 2017; Ortiz et al., 2019). Ocasionada por el herpes virus bovino tipo 1 (BHV-1) perteneciente al género varicellovirus, subfamilia alphaherpesvirinae (Biswas et al., 2013).

La enfermedad puede permanecer latente por largos períodos de tiempo, dificultando su control, la diseminación del virus puede llegar a ser imperceptible en el hato (Parreño et al., 2010). Por ello, representa una de las principales causas de infertilidad y aborto en el ganado vacuno, además de una disminución en la producción de carne y leche (Lazić et al., 2016).

La Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA, anteriormente OIE), catalogó a la enfermedad en la lista del año 2016, debido a su importancia en términos socio-económicos, de salud pública e impacto en el comercio internacional de animales y sus productos (Newcomer et al., 2017).

La técnica de ELISA se describe como la más sensible de las pruebas serológicas técnicas para la detección de anticuerpos contra la infección por BHV-1 (Payment et al., 1979).

Particularmente la prueba ELISA indirecta constituye una herramienta diagnóstica eficaz, permitiendo la determinación de rinotraqueitis infecciosa bovina en ganaderías a nivel mundial, como es el caso de Colombia (Betancur et al., 2006; Ortiz et al., 2019; Bernal et al., 2022), Perú (Vilchez y Morales, 2022) y Chile (Felmer et al., 2009).

Por ello, el objetivo de la investigación fue determinar la seroprevalencia de la rinotraqueitis infecciosa bovina en la provincia de Cotopaxi, Ecuador.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en las parroquias rurales de la provincia de Cotopaxi, en la región interandina o Sierra de Ecuador. Particularmente en los cantones Latacunga, La Mana, Pangua, Pujilí, Salcedo, Saquisilí y Sigchos.

Muestreo

La Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria (INEC, 2020) determinó que la población total de ganado bovino en la provincia de Cotopaxi en el año 2021 fue de 267.713 animales registrados.

La fórmula para calcular el tamaño de muestra, cuando se conoce el tamaño de la población fue la siguiente:

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

Donde:

$$N = 267.713$$

$$Z = \text{seguridad estimada del } 95\% = 1,96$$

$$P = \text{proporción esperada } 50\% = 0,5$$

$$Q = 1 - p = 0,5$$

$$d = 0,5$$

$$n = \frac{267.713 \times 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}{0,05^2 \times (267.713 - 1) + 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}$$

$$n = \frac{267.713 \times 3,84 \times 0,25}{0,0025 \times (267.712) + 3,84 \times 0,25}$$

$$n = 369$$

El resultado del cálculo del tamaño de la muestra fue de $n = 369$ bovinos, considerando en el estudio un número de 396 bovinos de diferentes características, como fueron: sexo y edad que se encontraban, animales distribuidos según la superficie cantonal total a nivel de la provincia de Cotopaxi: Latacunga (120), La Mana (24), Pangua (36), Pujilí (72), Salcedo (60) Saquisilí (36) y Sigchos (48).

Encuesta epidemiológica

Se realizó una encuesta epidemiológica a los propietarios de las fincas mediante un muestreo probabilístico, con los propietarios que estuvieron de acuerdo en participar en la investigación, obteniendo datos sobre el tipo de producción desarrollada en bovinos, con la finalidad de conocer los métodos de diagnóstico y alteraciones relacionados a la RIB, para ello se registraron datos relevantes del lugar: razas de los bovinos de traspatio muestreados, rango de edad, enfermedades previas, bioseguridad y vacunación.

La toma de muestras sanguíneas se realizó en bovinos de traspatio pertenecientes a diferentes productores, con un rango de acción de 500 m hasta completar el número muestral total por parroquia.

Fase de campo

Los bovinos muestreados fueron numerados para su correcta identificación mediante codificación, se procedió a la sujeción de cada animal mediante el uso de mangas de manejo, desinfectando la zona de punción y extrayendo entre 5 a 10 mL de sangre de la vena coccígea. La sangre extraída fue colocada en tubos vacutainer y conservados en un cooler para su transportación en cadena de frío hasta el laboratorio.

Procedimiento de laboratorio

Los procedimientos de laboratorio fueron desarrollados en los Laboratorios de la Clínica Veterinaria, Universidad Técnica de

Cotopaxi, en el cual se obtuvo el suero de cada muestra mediante la técnica de reposo manual, el cual fue depositado en tubos vacutainer de 4 mL para su almacenamiento y mantenimiento a una temperatura promedio de -4 °C. Posteriormente se realizó la prueba de inmunoabsorción ligado a enzimas indirecto (ELISA-i) de la marca IDEXX, para detectar la presencia de anticuerpos contra el virus de la RIB.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron organizados en tablas de frecuencia, desarrollando un análisis descriptivo con el programa Microsoft Excel, con relación a las variables en estudio y medida de frecuencia a través de la prevalencia. Se utilizó el programa R para realizar la prueba de χ^2 (Chi-cuadrado) asociada a la prevalencia de la enfermedad y los factores sexo, edad y raza.

Resultados y discusión

La investigación permitió la detección de anticuerpos del virus causante de la RIB en todos los cantones pertenecientes a la Provincia de Cotopaxi (tabla 1), con una prevalencia general de 45,37%, siendo significativamente mayor en el cantón Pangua con un 72,2% y con valores superiores al 50% en La Maná y Sigchos.

La prevalencia general determinada en este estudio resultó superior al 20% de prevalencia reportado por Román y Chávez (2016) que se enfocaron en el ganado bovino lechero del cantón Loja, Ecuador; cercana a la registrada por Jaén (2009), quien al evaluar la positividad de enfermedades reproductivas en hatos bovinos de leche en Bugaba-Chiriquí, Panamá reportó prevalencia de 42,5%, empleando en el diagnóstico la prueba de ELISA indirecta.

Tabla 1. Prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina en cantones de la Provincia de Cotopaxi.

Cantones	Muestras (número)	Positivos	Prevalencia (%)
Latacunga	120	38	31,6
La Maná	24	14	58,3
Pangua	36	26	72,2
Pujilí	72	22	30,5
Salcedo	60	23	38,3
Saquisilí	36	11	30,5
Sigchos	48	27	56,2
Total	396	161	45,37

Franco et al. (2015) reportaron valores de prevalencia para RIB del 60% al evaluar la seroprevalencia y factores de riesgo asociados a enfermedades reproductivas en vacas lecheras de la provincia de Coclé, Panamá. Niveles de seroprevalencia a RIB entre el 60 y 65% han sido reportados en Colombia y Perú por Ortiz et al. (2019) y Vilchez y Morales (2022), respectivamente.

Otros autores colombianos reportaron altas prevalencias de RIB, indicando la amplia distribución de la misma (Rivera et al., 2018;

Navarrete, 2019; Muñoz et al., 2020). Ríos et al. (2018) refirieron que la prevalencia de anticuerpos para rinotraqueitis infecciosa bovina en vacas mexicanas no vacunadas de los estados de Tabasco, Puebla y Veracruz fue de 41,2% en el estado de Puebla y superior en los estados de Tabasco y Veracruz con 91,1 y 74,4%, respectivamente.

La enfermedad se describe como responsable de importantes pérdidas económicas en la ganadería vacuna, debido a los gastos generados en el cuidado, diagnóstico, tratamiento de los animales afectados, así como los costos para la implementación de planes de control (Lazić et al., 2016; Kathiriya et al., 2018).

Sayers (2017) la definió como una patología que afecta las tasas de mortalidad en rebaños infectados, donde los casos subclínicos pueden resultar en pérdidas continuas en los rebaños lecheros; por ello, la importancia del cuidado y vigilancia del hato.

Prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina según el sexo

La tabla 2 muestra el comportamiento de la prevalencia de RIB en la Provincia de Cotopaxi, con relación al factor sexo con niveles considerados altos, tanto en machos como en hembras. Comportamiento que coincidió con lo indicado por Vilchez y Morales (2022), para quienes una de las causas fundamentales del problema es la ausencia de un programa de control para RIB.

Tabla 2. Prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina según variable sexo.

Sexo	Muestras (número)	Positivos	Prevalencia (%)
Machos	38	17	44,7
Hembras	358	146	40,7

La alta tasa de prevalencia de RIB puede atribuirse a factores como la no vacunación para evitar la aparición de manifestaciones clínicas de la enfermedad, la cría intensiva, la higiene y bioseguridad que involucra aspectos asociados a la compra y mezcla de animales entre granjas sin los controles adecuados, considerando a los toros entre las principales causas de la alta prevalencia (Milián et al., 2016; Kathiriya et al., 2018; Ortiz et al. 2019; Gutiérrez et al., 2021).

Al respecto, Rivera et al. (2018) determinaron que los grandes rebaños presentan más riesgo que los pequeños, relacionando este argumento a la posibilidad de realizar mayores controles y un mejor manejo en hatos pequeños.

Prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina según la edad

La edad ha sido un factor asociado a la detección de mayor número de casos positivos a la enfermedad, como se evidenció en esta investigación donde a partir de los 2 años de edad se incrementó la prevalencia a RIB. En este sentido, Ortiz et al. (2019) desarrollaron un estudio sobre la rinotraqueitis infecciosa bovina en el municipio de Toca, reportando mayor prevalencia de la enfermedad en animales entre 3 y 4 años con un 67,9% (tabla 3).



Tabla 3. Prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina categorizada según la variable edad.

Edad	Muestras (número)	Positivos	Prevalencia (%)
1 mes - 1 año	150	49	32,6
2 años - 4 años	109	54	49,5
Más de 4 años	137	59	43,0

En el caso de Mexico se ha estudiado la presencia de la RIB en hatos lecheros de la región Cotzio-Téjaro, Michoacán, evidenciando que la edad fue un factor de riesgo importante, con un comportamiento 2,36 veces superior en las vacas con edad mayor a los 4 años (Magaña, 2005). Otros estudios han abordado la prevalencia de la RIB en diferentes regiones de Colombia, investigando hatos lecheros de Toca-Boyacá para determinar la seroprevalencia de la enfermedad (Ochoa et al., 2012). Más recientemente, Ortiz et al. (2019) se enfocaron en la determinación de RIB en el municipio de Toca, Boyacá.

Estos estudios han contribuido al entendimiento de la incidencia de la enfermedad en diferentes contextos y regiones del país, por lo que, sugieren que la edad podría ser un posible factor de riesgo al detectar animales positivos en todos los grupos de edad evaluados, con mayor riesgo en los animales adultos, indicador de la existencia de un factor común a partir de los 3-4 años que predispone el contagio de la enfermedad, porque a mayor edad puede haber más posibilidades de exposición a la misma.

Con relación entre el factor de riesgo de edad con mayor seropositividad para BHV-1, también ha sido determinada por Martínez et al. (2015) quienes examinaron la prevalencia de toros seropositivos para BHV-1 y positivos para el virus en granjas lecheras irlandesas y establecieron asociaciones entre la compra de toros y el estado del rebaño y al estudiar la prevalencia de toros seropositivos para BHV-1, en ese mismo tipo de granjas se encontró asociación entre la compra de toros y el estado del hato.

Prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina según la raza

Las razas Gyrolando y Criolla registraron mayor positividad a RIB con 73,3 y 65,3%, respectivamente. Para las razas Holstein (36,6%) y Brown Swiss (42,8%) los niveles de prevalencia detectada se consideraron igualmente altos.

Los resultados obtenidos no obedecieron a una mayor participación o representación porcentual de las razas bovinas consideradas dentro de la muestra, lo cual significó que las tasas de positividad encontradas para las razas Gyrolando y Criolla (73,3 y 65,3%, respectivamente), no necesariamente se debieron a una mayor proporción numérica. Del mismo modo, se

observó que las razas Holstein (36,6%) y Brown Swiss (42,8%) presentaron niveles de prevalencia detectada considerados altos, aun cuando su representación en la muestra podría no ser tan reveladora. Lo cual sugiere que la presencia de la enfermedad no estuvo directamente relacionada con la prevalencia numérica de estas razas en la población examinada (tabla 4).

Tabla 4. Prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina según la raza.

Raza	Muestras (número)	Positivos	Prevalencia (%)
Holstein	300	110	36,6
Brown Swiss	14	6	42,8
Brahman	7	2	28,5
Criollo	26	17	65,3
Gyrolando	30	22	73,3
Jersey	12	2	16,6
Normando	7	1	14,2
Total	396	160	

Estos resultados coincidieron con los detectados en el departamento peruano de Ayacucho, donde Zacarias (2002) reportó niveles altos de prevalencia (67,7%) en bovinos criollos, y con Vilchez y Morales (2022), que detectaron las mayores seroprevalencias en el ganado Holstein (92,77 + 2,35%) y en Brown Swiss (68,44 + 4,21%).

En este sentido, Ortiz et al. (2019) encontraron una asociación estadística entre la raza de los bovinos y la presencia de la enfermedad, donde la raza Jersey tuvo más probabilidad de presentar la enfermedad que la raza Ayrshire.

Al aplicar la prueba de Chi cuadrado de χ^2 (Chi-cuadrado) se determinó que los factores edad (P-valor 0,0213), sexo (P-valor 0,7578) y raza (P-valor 0,0038) fueron factores predisponentes a rinotraqueitis infecciosa bovina, como ha sido descrito en el estudio.

Conclusiones

Se determinó una variabilidad considerable en la prevalencia de la rinotraqueitis infecciosa bovina entre diferentes cantones de la provincia de Cotopaxi, siendo las ganaderías de los cantones Pangua, La Maná y Sigchos las más afectadas, evidenciando la necesidad de intervenciones focalizadas en las áreas de alta prevalencia.

Al evaluar la relación entre la RIB y los factores asociados (sexo, edad y raza) se evidenció tanto en machos como en hembras mayor seropositividad a la enfermedad, con mayor impacto en

animales > 2 años de edad, y en el caso de las razas, Gyrolando y Criollo registraron mayor positividad.

Estos hallazgos constituyen un recurso valioso para la formulación de políticas y estrategias de control de la RIB en la provincia de Cotopaxi, y sugieren la necesidad de futuras investigaciones para entender mejor los mecanismos subyacentes y factores de riesgo asociados con la propagación de esta enfermedad en la provincia.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

- Bernal, J. D. F., Castañeda, D. M. B., Corredor, D. J. G., Sánchez, J. A. J., Estupiñan, S. E. C. y Medellín, M. O. P. (2022). Rinotraqueitis infecciosa bovina (RIB), una enfermedad de poco control en Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias-FAGROPEC*, 14(1), 67-88. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v14n1a5>
- Betancur, C., González, M. y Reza, L. (2006). Seroepidemiología de la rinotraqueitis infecciosa bovina en el Municipio de Montería, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 11(2), 830-836. <https://doi.org/10.21897/rmvz.447>
- Biswas, S., Bandyopadhyay, S., Dimri, U. and Patra, P. H. (2013). Bovine herpesvirus-1 (BHV-1) - a re-emerging concern in livestock: A revisit to its biology, epidemiology, diagnosis, and prophylaxis. *Veterinary Quarterly*, 33(2), 68-81. <https://doi.org/10.1080/01652176.2013.799301>
- Felmer, R., Zúñiga, J., López, A. y Miranda, H. (2009). Prevalencia y distribución espacial de brucelosis, leucosis bovina, diarrea viral bovina y rinotraqueítis infecciosa bovina a partir del análisis ELISA de estanques prediales en lecherías de la IX Región, Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 41(1), 17-26. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2009000100003>
- Franco, S., Jaén, M. y González, O. (2015). Seroprevalencia y factores de riesgo asociados a enfermedades reproductivas en vacas lecheras. *Ciencia Agropecuaria*, 23, 142-155. <http://200.46.165.126/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/142>
- Gutiérrez, H. J., Palomares, R. G., Hernández, B. E., Leyva, C. J., Díaz, A. E. y Herrera, L. E. (2021). Frecuencia de enfermedades de impacto reproductivo en bovinos de doble propósito ubicados en Oaxaca, México. *Abanico Veterinario*, 10(1), 1-11. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2020.22>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2020). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020*. file:///C:/Users/hp/Downloads/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf
- Jaén, M. (2009). Seroprevalencia de enfermedades reproductivas en hatos bovinos de leche en Bugaba-Chiriquí. En: *Informe Técnico Anual*. Dirección Nacional de Investigación Agropecuaria de Panamá. Documento de resúmenes 1980-2008.
- Kathiriya, J., Sindhi, S., Mathapati, B. and Bhedi, K. (2018). Seroprevalence of infectious bovine rhinotracheitis (BHV-1) in dairy animals with reproductive disorders in Saurashtra of Gujarat, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(03), 1371-1376. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.703.164>
- Lazić, S., Petrović, T., Bugarski, D., Jovičin, M., Plavšić, B., Lupulović, D., Lazić, G. and Polaček, V. (2016). Prospectives and necessity of eradication of infectious bovine rhinotracheitis/infectious pustular vulvovaginitis in the Republic of Serbia. *Archives of Veterinary Medicine*, 9(1), 3-12. <https://doi.org/10.46784/e-avm.v9i1.92>
- Magaña, U. A., Rivera, J. L. S. y Segura, C. J. C. (2005). Rinotraqueitis infecciosa bovina en hatos lecheros de la región Cotzio-Téjaro, Michoacán, México. *Técnica Pecuaria en México*, 43(1), 27-37. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61343103.pdf>
- Martinez, I. A. M., Power, C., McClure, J. and Sayers, R. G. (2015). Prevalence of BoHV-1 seropositive and BVD virus positive bulls on Irish dairy farms and associations between bull purchase and herd status. *Irish Veterinary Journal*, 68, 1-9. <https://doi.org/10.1186/s13620-015-0059-9>
- Milián, F. S., Hernández, R. O., Hernández, A. L., Alvarado, I. A., Díaz, A. E., Mejía, E. F., Palomares, R. E. G., Bárcenas, R. I. and Zendejas, M. H. (2016). Seroprevalence and risk factors for reproductive diseases in dairy cattle in Mexico. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*, 8(8), 89-98. <https://doi.org/10.5897/JVMAH2016.0483>
- Muñoz, M., A. L., Motta, D. P. A., Herrera, W., Polania, R. y Cháves, L. C. (2020). Prevalencia del virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina en el departamento del Caquetá, Amazonia Colombiana. *Revista de La Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 67(1), 9-16. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v67n1.87675>
- Muratore, E., Bertolotti, L., Nogarol, C., Caruso, C., Lucchese, L., Iotti, B., Ariello, Da, Moresco, A., Masoero, L., Nardelli, S. and Rosati, S. (2017). Surveillance of infectious bovine rhinotracheitis in marker-vaccinated dairy herds: Application of a recombinant gE ELISA on bulk milk samples. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 185, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2017.01.003>
- Navarrete, C. (2019). *Prevalencia de enfermedades infecciosas reproductivas bovinas en el departamento del Tolima*. [Tesis de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15353/6/2019_prevalecia_



- enfermedades_infecciosas_reproductivas_bovinas_tolima.pdf
- Newcomer, B., Cofield, L., Walz, P. and Givens, M. (2017). Prevention of abortion in cattle following vaccination against bovine herpesvirus 1: A meta-analysis. *Preventive Veterinary Medicine*, 138, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.01.005>
- Ochoa, X., Orbegozo, M., Abril, F. G. M., Pulido, M. y Díaz, J. M. O. (2012). Seroprevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina en hatos lecheros de Toca-Boyacá. *Revista MVZ Córdoba*, 17(2), 2974-2982. <https://doi.org/10.21897/rmvz.231>
- Ortiz, G. A. D., Díaz, A. A. M. y Pulido, M. M. O. (2019). Determinación de rinotraqueítis infecciosa bovina (BHV-1) en el municipio de Toca, Boyacá. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 14(1), 18-24. <https://doi.org/10.21615/cesmvz.14.1.2>
- Parreño, V., López, M. V., Rodriguez, D., Vena, M. M., Izuel, M., Filippi, J., Romera, A., Faverin, C., Bellinzoni, R., Fernández, F., and Marangunich, L. (2010). Development and statistical validation of a guinea pig model for vaccine potency testing against infectious bovine rhinotracheitis (IBR) virus. *Vaccine*, 28(13), 2539-2549. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2010.01.035>
- Payment, P., Robert, A., Micheal, T. and Paul, M. (1979). Enzyme linked immunosorbent assay for serology of infectious bovine rhinotracheitis virus infections. *Journal of Clinical Microbiology*, 10(5), 633-36. <https://doi.org/10.1128/jcm.10.5.633-636.1979>
- Ríos, U. A., Rosete, F. J. P., Fragoso, I. A., Olazarán, J. S., Granados, Z. L. y Soccí, E. G. (2018). Rinotraqueitis

infecciosa bovina: Determinación de la prevalencia de anticuerpos en vacas mexicanas no vacunadas de los estados de Tabasco, Puebla y Veracruz. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 28(5), 349-359. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/29763>

Rivera, D. C., Rincón, J. C. y Echeverry, J. C. (2018). Prevalencia de algunas enfermedades infecciosas en bovinos de resguardos indígenas del Cauca, Colombia, 2017. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, 21(2), 507-517. <https://doi.org/10.31910/rudeca.v21.n2.2018.983>

Román, C. F. y Chávez, V. R. (2016). Prevalencia de enfermedades que afectan la reproducción en ganado bovino lechero del cantón Loja. *CEDAMAZ*, 6(1). <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/65>

Sayers, R. G. (2017). Associations between exposure to bovine herpesvirus 1 (BoHV-1) and milk production, reproductive performance, and mortality in Irish dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 100(2), 1340-1352. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11113>

Vilchez, T. C. y Morales, C. S. (2022). Seroprevalencia de anticuerpos contra el virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina en ganaderías de crianza extensiva en tres distritos de Ayacucho, Perú. *Revista de Investigación Veterinaria del Perú*, 33(2). <https://doi.org/10.15381/rivep.v33i2.22577>

Zacarias, R., Erick, B. Z. y Alfredo, R. G. H. (2002). Seroprevalencia del virus de la rinotraqueítis infecciosa en bovinos criollos de Parinacochas, Ayacucho. *Revista de Investigación Veterinaria del Perú*, 13(2), 61-65. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v13n2/a09v13n2.pdf>

Contribución de los autores

Autores

Katherine Pryscila Vizuete Jaramillo

Blanca Mercedes Toro Molina

Donoso Vega Lisbeth Mariela

Evelyn Susana Ortega Cuamacás

Lucía Monserrath Silva Déley

Nancy Margoth Cueva Salazar

Contribución

Diseño y ejecución de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.

Diseño de la investigación; análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.

Diseño y ejecución de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.

Diseño y ejecución de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.

Ánalisis e interpretación de los datos, escritura del artículo y corrección de estilo.

Interpretación de los datos, escritura del artículo y corrección de estilo.



Leptospirosis: epidemiología zoonótica en la Región Costa Central de Ecuador

Leptospirosis: zoonotic epidemiology in the Central Coast Region of Ecuador

Autores

- ✉ ¹*Mauro Manabí Guillén Mendoza 
- ✉ ²María Cecilia Guillén Mendoza 
- ✉ ³Mauro José Guillén Rodríguez 

¹Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador.

²Ministerio de Salud Pública, Zona 4, Ecuador.

³Médico independiente. Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue analizar la epidemiología zoonótica de la leptospirosis en la Región Costa Central de Ecuador, específicamente en las provincias de Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas, durante el período 2019-2023. Partiendo de un enfoque descriptivo retrospectivo, se recopilaron los casos confirmados de leptospirosis en la zona de estudio (26 cantones), desde la base de datos del Ministerio de Salud Pública, Zona 4. Los principales resultados, reflejaron que en 2023 se registró la mayor cantidad de contagios con 115 casos. El cantón Portoviejo fue el que más casos presentó con 59 en total. La parroquia más afectada por esta zoonosis fue Abdón Calderón, donde se agruparon 24 en los últimos 3 años, lo cual se asocia a factores de riesgo como saneamiento deficiente, alta población e inundaciones frecuentes. En síntesis, la leptospirosis es una enfermedad zoonótica de importancia en la Región Costa Central de Ecuador con una distribución heterogénea.

Palabras clave: *Leptospira* spp.; riesgo; ruralidad; zona costera de Ecuador; zoonosis.

Abstract

The aim of this study was to examine the leptospirosis zoonotic epidemiology in the provinces of Manabí and Santo Domingo de los Tsáchilas, located in Ecuador's Central Coast Region, between 2019-2023. The Ministry of Public Health, Zone 4 database contains the confirmed leptospirosis cases in the research area (26 cantons), as determined using a retrospective descriptive technique. According to the primary findings, 2023 had the highest number of infections, 115 cases, recorded. With 59 cases submitted overall, the Portoviejo canton was the most active. The parish most impacted by this zoonosis was Abdón Calderón, where 24 cases have been reported in the last three years. This parish is known to have risk factors such as high population density, squalor, and recurrent flooding. To sum up, leptospirosis is a diverse zoonotic disease of significance in the Ecuadorian Central Coast Region.

Keywords: *Leptospira* spp.; risk; rurality; coastal zone of Ecuador; zoonosis.

Recibido: Octubre 26, 2023

Aceptado: Diciembre 15, 2023

Publicado: Diciembre 22, 2023



Introducción

La leptospirosis es una enfermedad zoonótica que se distribuye globalmente (Gómez et al., 2023; Sohm et al., 2023). Esta zoonosis es causada por una bacteria aeróbica, Gram negativa, perteneciente al género *Leptospira*, y la especie *Leptospira* spp. es la causante de la enfermedad en animales y humanos (Benavides et al., 2021). Estas son eubacterias primitivas helicoidales, con dos flagelos periplásmicos que le confieren movilidad, adquiriendo un gran potencial de supervivencia en el suelo y en el agua como saprofita y patógeno facultativo (Palacios et al., 2022).

Con más de un millón de casos estimados al año, se encuentra entre las zoonosis más comunes del mundo, con una tasa de letalidad media del 6,85% (60.000 fallecidos) (Zeng et al., 2023). Se han detectado especies patógenas de espiroquetas del género *Leptospira* en muchas regiones geográficas, representando una amenaza especialmente frecuente en áreas tropicales y subtropicales con infraestructura sanitaria deficiente y una mayor exposición a animales infectados tanto salvajes como domésticos (Miller et al., 2021).

Aun ante la distribución mundial de la leptospirosis, la mayor carga de enfermedad se produce en los países tropicales de bajos ingresos y los pequeños estados insulares del Pacífico, donde las condiciones para su transmisión son particularmente favorables (Vilcarromero et al., 2019; Schønning, 2019). La persistencia ambiental de *Leptospira* y su epidemiología se basan en la colonización renal crónica de animales reservorio, que puede permanecer libre de síntomas mientras excreta las bacterias en la orina, ya sea de forma transitoria o durante toda su vida (Santanna et al., 2017).

En humanos, la leptospirosis suele tener una presentación clínica bifásica. La primera fase es la fase septicémica, que se caracteriza por síntomas inespecíficos como fiebre alta, dolor de cabeza, debilidad, escalofríos y mialgia. A la fase septicémica le sigue una fase inmune, durante la cual puede producirse una disfunción grave de múltiples órganos, como el hígado, los riñones y los pulmones. *Leptospira* sobrevive en ambientes cálidos y húmedos durante semanas o años (De Brito et al., 2018; Rajapakse et al., 2022).

Con el fenómeno de globalización, los cambios climáticos y migraciones de animales y personas, han hecho que la bacteria se disemine y que emerja en muchas regiones, convirtiéndola en un problema latente para cualquier tipo de población (Miller et al., 2021). En Ecuador, los estudios sobre leptospirosis son limitados aun ante la alta prevalencia de la enfermedad en la región costera, específicamente en la provincia de Manabí (Ruano et

al., 2020). Por lo que se ha catalogado como una enfermedad tropical desatendida en Ecuador, aunque en 2012 se notificaron hasta 1.279 casos en humanos (Cartelle et al., 2015). Aunque se han reportado algunos estudios sobre esta enfermedad zoonótica, que muestran una alta prevalencia en bovinos porcinos y perros (Barragán et al., 2016; Vieira et al., 2018), las estrategias de control y prevención no existen o no son eficientes (Orlando et al., 2020).

Considerando los antecedentes expuestos, esta investigación tuvo como objetivo analizar la epidemiología zoonótica de la leptospirosis en la Región Costa Central de Ecuador, específicamente en las provincias de Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas, durante el período 2019-2023. El aporte práctico de este trabajo radica en que se presenta un estudio actualizado del estado de leptospirosis en la Zona 4 de Ecuador, para que sea considerado en la toma de decisiones preventivas y correctivas ante esta zoonosis, pues este problema de salud pública exige una comprensión integral de los hospedadores, las vías de transmisión y los factores de riesgo de transmisión.

Materiales y métodos

Esta investigación fue de tipo descriptiva, retrospectiva, pues se basó en el número de casos confirmados de leptospirosis en la Zona 4 de Ecuador, que comprende las provincias de Manabí (24 cantones) y Santo Domingo de los Tsáchilas (2 cantones) alcanzando una extensión de 22.717,82 km². La recolección de información se realizó en la base de datos del Ministerio de Salud Pública, Zona 4, misma, que ingresa datos oficiales, tomados de las pruebas serológicas en los diferentes centros de salud.

En la figura 1 se presenta un esquema de transmisión de la leptospirosis, la cual se da en el siguiente orden: i) *Leptospira* spp. ingresa en el torrente sanguíneo del portador (animales); ii) la bacteria entra en el aparato nefrourinario de los infectados; iii) las excretas contaminadas con orina contaminan el suelo, agua o alimentos y iv) los humanos se contagian mediante heridas expuestas o por las mucosas (nasal y oral) y los ojos (Pheng et al., 2019).

Resultados y discusión

En la tabla 1 se presenta el resumen estadístico de los casos de leptospirosis confirmados en la Zona 4. En el 2020 se registraron 16 casos en los 24 cantones bajo análisis, en 2019 existieron 39 casos, para 2021 la cantidad ascendió a 24, la cifra en 2022 alcanzó 48 pacientes y 2023 resultó ser el de mayor contagio con 115 casos. Al comparar estos datos con lo reportado a nivel nacional, se confirma que la leptospirosis en Ecuador representa un problema de salud pública por su incidencia y distribución

(Calvopiña et al., 2022). Las cuatro regiones ecológicas (Costa, Andes, Amazonas e Islas Galápagos) han reportado infecciones animales, principalmente en las dos ecorregiones tropicales. Donde se produjeron brotes de infecciones humanas y animales en poblaciones urbanas, suburbanas y rurales, y la mayoría se produjo en zonas rurales, especialmente durante la temporada de lluvias (Calvopiña et al., 2023).

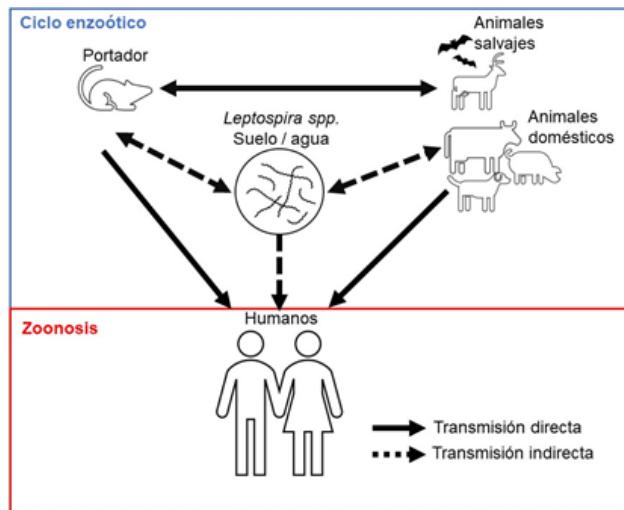


Figura 1. Transmisión de leptospirosis.

Tabla 1. Estadística descriptiva de los casos de leptospirosis en la Zona 4 del Ecuador.

Estadísticos	Año				
	2019	2020	2021	2022	2023
Media	1,63	0,67	1,00	2,00	4,79
Error típico	0,62	0,18	0,32	0,73	1,81
Mediana	1,00	0,00	0,50	0,50	1,00
Moda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Desviación estándar	3,03	0,87	1,56	3,58	8,89
Varianza de la muestra	9,20	0,75	2,43	12,78	78,95
Curtosis	12,53	0,72	9,21	5,24	7,44
Coeficiente de asimetría	3,31	1,18	2,70	2,39	2,74
Rango	14,00	3,00	7,00	13,00	36,00
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo	14,00	3,00	7,00	13,00	36,00
Suma	39,00	16,00	24,00	48,00	115,00
Coeficiente de variación	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
Cuenta	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00

De manera similar, al analizar la tasa de leptospirosis por cada 10.000 habitantes en la Zona 4 se evidenció que en 2020 fue de 2,81, para 2021 alcanzó 3,38, en 2019 obtuvo 4,74, durante 2022 fue igual a 9,69 y el máximo de 14,58 en 2023 (tabla 2). La literatura refleja que en la región Costa de Ecuador se han realizado la mayor cantidad de investigaciones acerca de esta enfermedad debido a su alta seroprevalencia (Chuva y Castillo, 2022). Desde la perspectiva de Ordóñez et al. (2021) esta

patología debe tratarse y tomarse medidas sanitarias para evitar futuros contagios.

Tabla 2. Estadística descriptiva de la tasa de leptospirosis por cada 10 000 habitantes en la Zona 4 del Ecuador.

Estadísticos	Año				
	2019	2020	2021	2022	2023
Media	0,20	0,12	0,14	0,40	0,61
Error típico	0,06	0,04	0,04	0,17	0,19
Mediana	0,08	0,00	0,03	0,04	0,15
Moda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Desviación estándar	0,30	0,18	0,19	0,81	0,93
Varianza de la muestra	0,09	0,03	0,04	0,66	0,87
Curtosis	5,77	1,41	0,81	12,60	7,42
Coeficiente de asimetría	2,20	1,53	1,29	3,33	2,47
Rango	1,24	0,60	0,62	3,71	4,05
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo	1,24	0,60	0,62	3,71	4,05
Suma	4,74	2,81	3,38	9,69	14,58
Coeficiente de variación	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Cuenta	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00

En la figura 2 se presenta la cantidad de casos de leptospirosis confirmados en la Zona 4 durante el período del estudio. En la provincia de Manabí, el cantón con el mayor número de seropositivos (59 casos) fue Portoviejo, por tal motivo en esta investigación se presentan datos específicos de los contagios en este cantón. En reportes de Lazo et al. (2017), se detalla que, en esta localidad, características como la humedad, temperatura cálida y falta de higiene en las granjas y traspatios facilita las condiciones para la posible circulación del agente etiológico, potenciando los factores de riesgo del desarrollo de la enfermedad.



Figura 2. Casos de leptospirosis por cantón en la Zona 4 durante el período 2019-2023.

En el cantón Portoviejo 12 de las 16 parroquias concentraron 57 casos, como sumatoria total, reportados de leptospirosis. En la tabla 3 se observa que el 2023 fue el año con más seropositivos confirmados, con 36 casos, 16 casos en 2022 y 8 en 2021. La parroquia más afectada por esta zoonosis fue Abdón Calderón, donde se agruparon 24 casos que reflejaron saneamiento deficiente, alta población e inundaciones frecuentes (Meganathan et al., 2022). La figura 3 muestra el porcentaje de casos por parroquia en el cantón Portoviejo, de este modo al segmentar las divisiones administrativas, se tiene que Abdón Calderón concentró el 42% de casos, Andrés Vera mantuvo un 12%, Portoviejo alcanzó el 11%, 18 de Octubre llegó al 9%, Picoazá registró un 7%, 12 de Marzo 4%, Alhajuela 4%, Colón 4%, Francisco Pacheco 4%, San Pablo 2%, San Plácido 2% y Simón Bolívar con 2% de casos.

Tabla 3. Estadística descriptiva de los casos de leptospirosis en el cantón Portoviejo.

Estadísticos	Año		
	2021	2022	2023
Media	0,50	0,81	2,25
Error típico	0,26	0,47	0,80
Mediana	0,00	0,00	2,00
Moda	0,00	0,00	2,00
Desviación estándar	1,03	1,87	3,19
Varianza de la muestra	1,07	3,50	10,20
Curtosis	9,51	8,49	9,26
Coeficiente de asimetría	2,90	2,83	2,81
Rango	4,00	7,00	13,00
Mínimo	0,00	0,00	0,00
Máximo	4,00	7,00	13,00
Suma	8,00	13,00	36,00
Total	57,00		

Atendiendo a las características de la parroquia Abdón Calderón, a continuación, se presenta una síntesis de los principales factores de riesgo que se asocian a la leptospirosis según Pheng et al. (2019):

Factores de riesgo ambientales: el clima determina la dinámica, la endemidad y la propagación de una enfermedad, ya que afecta la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de los patógenos.

Reservorios: retienen las leptospirosis dentro de sus túbulos renales, donde prosperan y se multiplican, y ocasionalmente liberan

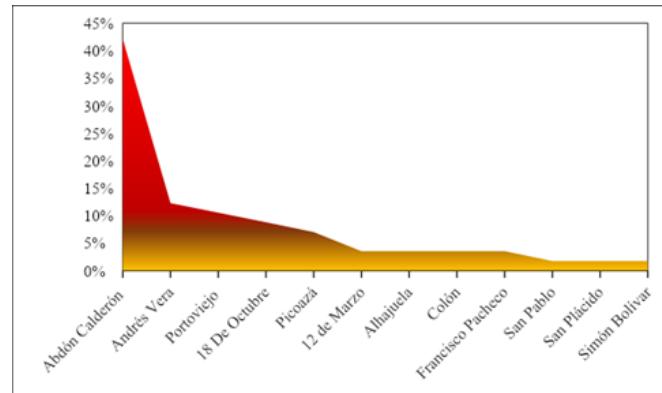


Figura 3. Casos de leptospirosis por parroquia (cantón Portoviejo) 2021-2023.

algunas de ellas a través de la orina. Los genitales masculinos y femeninos de los reservorios también han sido implicados como sitios importantes donde las leptospirosis pueden persistir.

Factores de riesgo recreativos: están estrechamente asociados con el medio ambiente, ya que este último alberga los agentes causales, los participantes de actividades al aire libre se encontrarán con estos elementos ambientales y las lesiones, incluidos pequeños cortes, permiten la entrada de leptospirosis al cuerpo, las espiroquetas pueden incluso atravesar las superficies mucosas o de la piel después de una exposición prolongada.

Resulta entonces necesario realizar análisis de factores de riesgo para comprender la dinámica de transmisión de la leptospirosis en áreas urbanas y planificar estrategias preventivas (Cárdenas et al., 2018). En la tabla 4, se detallan los factores de riesgo determinados por varios autores en países con condiciones climáticas similares a las de Ecuador.

Las características de la parroquia Abdón Calderón permiten las condiciones ideales para que la leptospirosis se desarrolle. Como antecedente, esta zoonosis se relaciona con la precipitación y temperatura, así como hábitos y costumbres locales (Yescas et al., 2020). Esta localidad es susceptible a inundaciones, con un clima tropical que presenta una temperatura promedio anual de 25,4 °C y una humedad relativa que oscila entre 70-83%. El 78,3% de las precipitaciones anuales, ocurren entre los cuatro primeros meses del año (enero-abril) que generalmente es el período de inundaciones; sin embargo, dada la influencia de las corrientes marinas frías de Humboldt y cálida del Niño, este régimen no es estático. En tal contexto, los factores de riesgo expuestos en la tabla 4 son parte de la demografía de la zona. El hecho del que el río Chico atraviese la geografía de la parroquia Abdón Calderón, potencia la susceptibilidad de la población a contraer enfermedades, no solo zoonóticas.

Tabla 4. Factores de riesgo para contraer leptospirosis.

Factores de riesgo	Referencia	País
La presencia de roedores	Fajriyah et al.	Indonesia
Historial de inundaciones	(2017)	
Condición ambiental y presencia de mascotas como reservorio potencial		
Disposición final de la basura y aguas residuales		
Agricultura, labranza		
La presencia de río y vegetación		
Granja de animales cerca de casa y/o lugar de trabajo	Schönnig et al. (2019)	Sri Lanka
Arrozales cerca de casa		
Trabajó en un arbusto y/o tiene un área tupida cerca de su casa o trabajo		
Arrozales abandonados cerca del lugar de trabajo y/o del lugar de trabajo		
Bosque cerca de casa		
Presencia de cuerpos de agua cercanos a las viviendas	Cárdenas et al. (2018)	Colombia
Exposición al agua de lluvia		
Vivir cerca de una plantación de caucho	Hinjoy et al. (2019)	Tailandia
Bañarse en cuerpos de agua naturales		
Contacto con barro	Briskin et al. (2019)	Puerto Rico
Inundación		
Caminar descalzo en casa		
Uso de botas en aguas inundadas		
Exposiciones relacionadas con roedores		
Exposiciones relacionadas con la ocupación		
Inundaciones	Cerveira et al. (2020)	Brasil
La circulación de <i>Leptospira</i> sp. en ganado		
Inundaciones		
Contaminación Ambiental	Duarte y Giatti (2019)	
Presencia de roedores		
Contacto con agua o barro	Silva et al. (2022)	Argentina
El riesgo de infección aumenta en presencia de cortes o abrasiones en la piel		
Inundaciones		
La etnicidad de la población se enmarca dentro de los grupos cholos pescadores y montubios, ambos respetan sus tradiciones		

y viven en armonía. En cuanto a los servicios, no cuentan con distribución de agua potable y el abastecimiento de líquido vital se da por extracción directa de pozos o por distribución mediante tanqueros; existe una red de alcantarillado que solamente cubre el centro de la zona más poblada de la parroquia, donde existe un mercado y centro de faenamiento con escaso control de inocuidad. En las fotografías mostradas en la figura 4, se presenta la última inundación que afectó a esta parroquia durante marzo de 2023.

Figura 4. Inundación en la parroquia Abdón Calderón en 2023.

Fuente: a) Autores; b) Diario El Universo (2016)¹

Según el criterio de Pheng et al. (2019), en los países en

desarrollo, anualmente se notifican muchos casos y muertes por leptospirosis, lo que indicó que la endémicidad de la enfermedad no ha disminuido. Si bien se podría culpar a los diversos factores de riesgo que predisponen al público a esta enfermedad, el núcleo mismo de este problema surge de una mala comprensión de la enfermedad en los países en desarrollo. Además, se ha expuesto que, en los cuerpos de agua naturales, es probable que la concentración de *Leptospira* spp. patógena sea alta, pues es probable que los roedores y otros animales contaminen los estanques o el agua de los arroyos y el suelo (Hinjoy et al., 2019).

Existe una falta de conciencia sobre la enfermedad y medidas preventivas limitadas en la población. En particular, los grupos de alto riesgo (como agricultores y pescadores) son propensos a la infección después de la exposición a factores patógenos sospechosos sin la protección adecuada. Por tanto, la gestión de prevención y control refleja en cierta medida el concepto de “una sola salud” promovida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Organización



Mundial de Sanidad Animal (OIE) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), esta es una estrategia de salud integrada centrada en la salud humana, la salud ambiental y la salud animal (Zeng et al., 2023).

Conclusión

La leptospirosis es una enfermedad zoonótica de importancia en la Región Costa Central del Ecuador. Los resultados de esta investigación demuestran que la enfermedad tiene una distribución heterogénea en la región, con mayor incidencia en el cantón Portoviejo y la parroquia rural Abdón Calderón. Los factores de riesgo asociados a la leptospirosis en esta región son las condiciones climatológicas favorables (alta precipitación y temperatura), las actividades productivas y los hábitos locales.

Recomendaciones

Se recomienda desarrollar estrategias de prevención y control de la leptospirosis en la Región Costa Central. Estas estrategias deben estar dirigidas a reducir la exposición de la población al agente infeccioso, a mejorar las condiciones sanitarias y a promover hábitos saludables. La implementación de estas estrategias contribuiría a reducir la incidencia de la leptospirosis en esta zona, mejorando la salud pública y la calidad de vida de la población.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

- Barragán, V., Chiriboga, J., Miller, E., Olivas, S., Birdsell, D., Hepp, C., Hornstra, H., Schupp, J. M., Morales, M., Gonzalez, M., Reyes, S., de la Cruz, C., Keim, P., Hartskeerl, R., Trueba, G. and Pearson, T. (2016). High *Leptospira* diversity in animals and humans complicates the search for common reservoirs of human disease in rural Ecuador. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 10(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004990>
- Benavides, B., Cisneros, H. y Peláez, R. (2021). Evidencia molecular de *Leptospira interrogans sensu stricto* en *Cavia porcellus* (cuyes) destinados para el consumo humano en el municipio de Pasto, Nariño. *Universidad y Salud*, 24(1), 55-64. <https://doi.org/10.22267/rus.222401.258>
- Briskin, E., Casanovas, A., Ryff, K., Morales, S., Hamond, C., Perez, N., Benavidez, K., Weinberger, D., Castro, I., Wunder, E., Sharp, T., Rivera, B. and Ko, A. (2019).
- Seroprevalence, risk factors, and rodent reservoirs of leptospirosis in an urban community of Puerto Rico, 2015. *The Journal of Infectious Diseases*, 220(9), 1489-1497. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiz339>
- Calvopiña, M., Romero, D., Vásquez, E., Valverde, G., Trueba, G., García, M., & Orlando, S. (2023). Leptospirosis in Ecuador: Current status and future prospects. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 8(4), 202. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed8040202>
- Calvopiña, M., Vásquez, E., Coral, M., Romero, D., García, M. and Orlando, A. (2022). Leptospirosis: Morbidity, mortality, and spatial distribution of hospitalized cases in Ecuador. A nation wide study 2000-2020. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 16(5), e0010430. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0010430>
- Cárdenas, N., Infante, G., Pacheco, D., Diaz, J., Wagner, D., Dias, R., Neto, J., Amaku, M., Vargas, P., Polo, L. and Grisi, J. (2018). Seroprevalence of *Leptospira* spp infection and its risk factors among domestic dogs in Bogotá, Colombia. *Veterinary and Animal Science*, 6, 64–68. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2018.08.002>
- Cartelle, M., Holban, A., Escalante, S. and Cevallos, M. (2015). Epidemiology of tropical neglected diseases in Ecuador in the last 20 years. *PLoS One*, 10(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138311>
- Cerveira, R., Ferreira, L., Oliveira, E., de Felipe, H., Almeida, M., Lima, S. and Ribeiro, K. (2020). Spatio-temporal analysis of leptospirosis in Eastern Amazon, State of Pará, Brazil. *Revista Brasileira de Epidemiologia [Brazilian Journal of Epidemiology]*, 23. <https://doi.org/10.1590/1980-549720200041>
- Chuva, P. y Castillo, E. (2022). Leptospirosis una enfermedad zoonótica, breve revisión de la situación en el Ecuador. *Anatomía Digital*, 5(3), 292-305. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v5i3.2305>
- De Brito, T., Silva, A. M. G. da and Abreu, P. A. E. (2018). Pathology and pathogenesis of human leptospirosis: a commented review. *Revista Do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 60. <https://doi.org/10.1590/s1678-9946201860023>
- Duarte, J. e Giatti, L. (2019). Incidência da leptospirose em uma capital da Amazônia Ocidental brasileira e sua relação com a variabilidade climática e ambiental, entre os anos de 2008 e 2013. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*:



- Revista do Sistema Unico de Saude do Brasil*, 28(1). <https://doi.org/10.5123/s1679-49742019000100009>
- El Universo. (2016). Varias parroquias manabitas afectadas por la lluvia en Portoviejo. [https://www.eluniverso.com/resizer/KMpNGRWG-Mwb16zaDjsYEXnSLjM=/893x670/smart/filters:quality\(70\)/cloudfront-us-east-1.images.arcpublishing.com/eluniverso/KYD2MSIXY5G7HFMQM5HBTBNWOU.jpg](https://www.eluniverso.com/resizer/KMpNGRWG-Mwb16zaDjsYEXnSLjM=/893x670/smart/filters:quality(70)/cloudfront-us-east-1.images.arcpublishing.com/eluniverso/KYD2MSIXY5G7HFMQM5HBTBNWOU.jpg)
- Fajriyah, S., Udyono, A. and Saraswati, L. (2017). Environmental and risk factors of leptospirosis: A spatial analysis in Semarang city. *IOP conference series. Earth and Environmental science*, 55, 012013. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/55/1/012013>
- Gómez, M., Rodríguez, L., de Eguilior, M., Lozano, M., Luque, R., Jódar, F., Aznar, J., Donaire, J. y Luque, L. (2023). Epidemiología de la leptospirosis en los humedales del sur de España. *Gaceta Sanitaria*, 37. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2023.102288>
- Hinjoy, S., Kongyu, S., Doung, P., Doungchawee, G., Colombe, S., Tsukayama, R. and Suwancharoen, D. (2019). Environmental and behavioral risk factors for severe leptospirosis in Thailand. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 4(2), 79. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed4020079>
- Lazo, L., Zambrano, P., Barragán, V., Morales, M., Bulnes, C., Fimia, R. y Iannacone, J. (2017). Estado actual y estrategias futuras en la epidemiología de la leptospirosis en el cantón Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador. *Biotempo*, 14(2), 197-209. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v14i2.1321>
- Meganathan, Y., Vishwakarma, A. and Ramya, M. (2022). Biofilm formation and social interaction of *Leptospira* in natural and artificial environments. *Research in Microbiology*, 173(8), 103981. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2022.103981>
- Miller, E., Barragan, V., Chiriboga, J., Weddell, C., Luna, L., Jiménez, D., Aleman, J., Mihaljevic, J., Olivas, S., Marks, J., Izurieta, R., Nieto, N., Keim, P., Trueba, G., Caporaso, J. G. and Pearson, T. (2021). Leptospira in river and soil in a highly endemic area of Ecuador. *BMC Microbiology*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12866-020-02069-y>
- Ordóñez, G., Avilés, D., Borja, B. y Condolo, L. (2021). Relación entre enfermedades infecciosas y parámetros reproductivos con énfasis en el perfil reproductivo. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 16, 48-65.
- Orlando, S. A., Pérez, A., Sánchez, E., de la Cruz, C., Rugel, O. and García, M. (2020). High seroprevalence of anti-*Leptospira* spp. antibodies in domestic and wild mammals from a mixed use rescue center in Ecuador: Lessons for “One Health” based conservation strategies. *One Health (Amsterdam, Netherlands)*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2020.100140>
- Palacios, K., Delgado, N., Benítez, P. y Pardo, K. (2022). Mielitis transversa aguda como complicación de leptospirosis: reporte de caso y revisión de literatura. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 33(4), 424-429. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2022.06.007>
- Pheng, Z., Khan, N. and Siddiqui, R. (2019). Leptospirosis: Increasing importance in developing countries. *Acta Tropica*, 105183. doi:10.1016/j.actatropica.2019.10
- Rajapakse, S. (2022). Leptospirosis: clinical aspects. *Clinical Medicine (London, England)*, 22(1), 14-17. <https://doi.org/10.7861/clinmed.2021-0784>
- Ruano, M., Burgos, D., Goicochea, C., Zambrano, M., Sandoval, H., Falconi, M., Vera, L., Revelo, A. and Fonseca, O. (2020). Seroprevalence and risk factors of bovine leptospirosis in the province of Manabí, Ecuador. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 72. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2020.101527>
- Santanna, R., Vieira, A. S., Grapiglia, J. and Lilienbaum, W. (2017). High number of asymptomatic dogs as leptospiral carriers in an endemic area indicates a serious public health concern. *Epidemiology and Infection*, 145(9), 1852-1854. <https://doi.org/10.1017/s0950268817000632>
- Schønning, M., Phelps, M., Warnasuriya, J., Agampodi, S. and Furu, P. (2019). A Case –Control study of environmental and occupational risks of Leptospirosis in Sri Lanka. *EcoHealth*, 16(3), 534-543. doi:10.1007/s10393-019-01448-w
- Silva, J., Scialfa, E., Tringler, M., Rodríguez, A., Linares, S. and Rivero, M. (2022). Seroprevalence of human leptospirosis in a rural community from Tandil, Argentina. Assessment of risk factors and spatial analysis, *Revista Argentina de Microbiología*, 5(1), 49-59. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2022.02.007>
- Sohm, C., Steiner, J., Jöbstl, J., Wittek, T., Firth, C., Steinparzer, R. and Desvars-Larrive, A. (2023). A systematic review on leptospirosis in cattle: A European perspective. *One Health (Amsterdam, Netherlands)*, 17(100608), 100608. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100608>
- Vieira, A., Pinto, P. and Lilienbaum, W. (2018). A systematic review of leptospirosis on wild animals in Latin America. *Tropical Animal Health and Production*, 50(2), 229-238. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1429-y>



Vilcarromero, S., Marin, J. y Casapia, M. (2019). Consideraciones para la definición de coinfección en casos de leptospirosis. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 36(2), 360-361. doi: <http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2019.362.4466>.

Yescas, J., Rivero, N., Montiel, H., Valladares, B., Peláez, A., Morales, A. y Zaragoza, A. (2020). Comportamiento epidemiológico de la leptospirosis en México durante el periodo 2013-2019. *Rev. Salud Pública*. 22(4), pp. 1-5.

<http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v22n4/0124-0064-rsap-22-04-e187535.pdf>

Zeng, Z., Chen, H., Xu, J., Zhang, H., Xu, C., Fan, L., Chen, S., Chen, K., Yang, Z. and Wei, Y. (2023). Characteristics of leptospirosis cases, prevention and control managements 1955-2020, Guangzhou, China. *One Health (Amsterdam, Netherlands)*, 16(100541), 100541. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100541>

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Mauro Manabí Guillén Mendoza	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito. Interpretación de los datos y revisión del contenido del manuscrito.
María Cecilia Guillén Mendoza	Colaboró en la recopilación de los datos presentados en esta investigación y en la revisión y edición del manuscrito.
Mauro José Guillén Rodríguez	Participó en la preparación y edición del manuscrito, corrección de estilo.