

**La Granja Revista de Ciencias de la Vida • Volumen 35 • Número 1 • marzo 2022 - agosto 2022.** Revista semestral de Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador. Publicación internacional bilingüe dedicada a estudios relacionados con ciencias ambientales, de la tierra, agropecuarias, biológicas, y sus líneas transversales de conocimiento. Las ideas y opiniones expresadas en las colaboraciones son de exclusiva responsabilidad de los autores y autoras.

## EQUIPO EDITORIAL

### Consejo Editorial (Editorial Board)

#### Editores en Jefe (Editors-in-Chief)

Dr. Ignacio de los Ríos, Universidad Politécnica de Madrid, España  
MSc. Sheila Serrano Vincenti, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

#### Editor Asociado (Associate Editor)

Dr. Sabino Armenise, Universidad Rey Juan Carlos, España  
Dr. Tony Viloria, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Dr. César Álvarez Mendoza, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Dr. Ernesto Delgado, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

#### Coeditor Internacional en inglés

(International coeditor in English)  
Dr. Lorenzo Guerrini, Università di Firenze, Italia

#### Coeditor Internacional en portugués

(International Coeditor in Portuguese)  
Dr. Rocio Elizabeth Contero Callay, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

#### Consejo Científico (Advisory Board)

Dr. Guillermo Marcillo, University of Illinois Urbana Champaign, EEUU

Dr. Alessandro Medici, Università di Ferrara, Italia  
Dr. John Mejía, Universidad de Nevada, Estados Unidos  
Dr. Enrica Caporali, Università di Firenze, Italia  
Dr. Ankit Singla, Ministry Office of Agriculture, Co-operation and Farmers Welfare, India Government  
Dra. Paola VitaFinzi, Università di Pavia, Italia  
Dr. Geovanni Vidari, Università di Pavia, Italia  
Dr. Flavio Contreras-Torres, Universidad Autónoma de México, México

Dr. Miguel A. Altieri, University of California, EEUU  
Dra. Clara Inés Nicholls, University of California, EEUU  
Dr. Jaime Vadell Adover, Universidad de las Islas Baleares, España

Dra. Janeth Patricia Muñoz Erasó, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

Dr. Marcos Villacís, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
Dra. Silvia Perez Damonte, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Dr. Fernando Funes Monzote, Universidad de Matanzas, Cuba  
Dra. Alessandra Guerrini, Università di Ferrara, Italia  
Dr. Giovanni Bernacchia, Università di Ferrara, Italia

Proff. León Escobar Moreira, SYNAPTRONIC, EEUU  
Dr. Lorenzo Guerrini, Università di Firenze, Italia  
Dr. José Luis Santos, International CLIVAR Project Office, China

Dr. Solveig Tosi, Università di Pavia, Italia  
Dra. Priscila dos Santos Silva, Universidad de Sao Paulo, Brasil  
Dra. Connie Gallardo Vela, Universidad de Sao Paulo, Brasil

Dr. Thomas Condom, Institut de Recherche Pour Le Développement, Francia

Dr. Leonardo Basile, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
Dra. Claudinéia Brazil, Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre, Brasil

Dr. Alejandro Fontana, Universidad de Piura, Perú  
Dra. Adriana Sánchez Urdaneta, Universidad de Zulia, Venezuela

Dr. Emmanuel Donkor, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, West Africa

Dr. Jorge Palomeque Santiago, Instituto Mexicano del Petróleo, México

Dr. Carlos Hernandez Medina, Centro Universitario Municipal Camajuaní, Cuba

Dr. Daniel A. Lowy, Northern Virginia Community College, EEUU

Dr. László Palcsu, Institute of Nuclear Research of the Hungarian Academy of Sciences, Hungría

Dr. Marjan Temovski, Institute of Nuclear Research of the Hungarian Academy of Sciences, Hungría

Dr. Elemer Laszlo, Institute of Nuclear Research of the Hungarian Academy of Sciences, Hungría

Dr. Pablo Marini, Universidad Nacional de Rosario, Argentina

Dr. Antonio Panico Università degli Studi Pegaso, Italia  
Dr. Fernando Bimbela, Universidad Pública de Navarra, España

Dr. Panagiotis Kechagiopoulos, University of Aberdeen, Reino Unido  
Dr. Carlo Visconti, Politecnico di Milano, Italia

Dra. Marta Elena Alonso, Universidad de León, España  
Dra. Alison Hanlon, University College Dublin, Irlanda  
Dr. Mehmood Ali, NED University of Engineering and Technology, Pakistán  
Dra. Ana Teodoro, Universidade do Porto, Portugal

#### Consejo de Publicaciones (Publication Board)

Dr. Juan Cárdenas Tapia PRESIDENTE  
Dr. José Juncosa Blasco ABYA-YALA  
Dr. Juan Pablo Salgado VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN  
Dr. Angel Torres-Toukourmidis EDITOR DE UNIVERSITAS  
Dr. Jaime Padilla Verdugo EDITOR DE ALTERIDAD  
MSc. Sheila Serrano Vincenti EDITORA DE LA GRANJA  
MSc. Jorge Cueva Estrada EDITOR DE RETOS  
Dr. John Calle Sigüencia EDITOR DE INGENIUS  
Dra. Floralba Aguilar Gordón EDITORA DE SOPHIA  
Dra. Betty Rodas Soto EDITORA DE UTOPIA  
Dra. Mónica Ruiz Vásquez EDITORA DEL NOTI-UPS  
Dr. Jorge Altamirano Sánchez EDITORA REVISTA CÁTEDRA UNESCO  
MSc. David Armendáriz González EDITOR WEB  
Dr. Luis Álvarez Rodas EDITOR GENERAL

#### Consejo Técnico (Technical Board)

Dr. Ángel Torres-Toukourmidis (Técnico OJS)  
Lcda. Soledad Aguilar (Técnica Marcalyc)  
Lcdo. Christian Arpi (Coordinador Community Managers)  
Fís. Luis Gualco (Pasante)  
Ing. Jessica Guamán (Pasante)

#### Servicio de Publicaciones (Publications Service)

Hernán Hermosa (Coordinación General)  
Marco Gutiérrez (Soporte OJS)  
Paulina Torres (Edición)

Raysa Andrade (Maquetación)

Martha Vinuesa (Maquetación)  
Adriana Curiel (Traductor)

#### Editorial

Editorial Abya Yala (Quito-Ecuador)  
Avenida 12 de octubre N-422 y Wilson  
Bloque A, UPS Quito, Ecuador  
Casilla 17-12-719  
Teléfonos: (593-2) 3962800 ext. 2638  
Correo electrónico: editorial@abyayala.org

#### Fotografía Portada (Cover photo)

Foto ganadora Primer Lugar del Concurso de Fotografía por el 20 Aniversario de La Granja

Autora: Kaiuska Reyes, (2022)

# LA GRANJA: REVISTA DE CIENCIAS DE LA VIDA

Volumen 35, Número 1, marzo 2022 – agosto 2022

ISSN impreso 1390-3799 • ISSN electrónico 1390-8596

La administración de LA GRANJA se realiza a través de los siguientes parámetros:

• La revista utiliza el sistema antiplagio académico  **iThenticate**  
Professional Plagiarism Prevention

• Los artículos cuentan con código de identificación (*Digital Object Identifier*)



• El proceso editorial se gestiona a través del *Open Journal System*



Es una publicación de acceso abierto (*Open Access*) con licencia *Creative Commons*



Las políticas *copyright* y de uso *postprint*, se encuentran publicadas en el Repositorio de Políticas de Autoarchivo *Sherpa/Romeo*.

Los artículos de la presente edición pueden consultarse en <https://lagranja.ups.edu.ec/>



ABYA  
YALA | UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
SALESIANA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR

LA GRANJA, está indexada en las siguientes Bases de Datos y sistemas de información científica:

### BASES DE DATOS INTERNACIONALES SELECTIVAS



### PLATAFORMAS DE EVALUACIÓN DE REVISTAS



### DIRECTORIOS SELECTIVOS



### HEMEROTECAS SELECTIVAS



### BUSCADORES DE LITERATURA CIENTÍFICA OPEN ACCESS



POLÍTICAS DE COPYRIGHT DE LAS EDITORIALES Y AUTOARCHIVO



OTRAS BASES DE DATOS BIBLIOGRÁFICAS



CATÁLOGO DE BIBLIOTECAS INTERNACIONALES UNIVERSITARIAS





Universidad  
de Navarra

MUHLENBERG  
COLLEGE

FRANKLIN & MARSHALL  
COLLEGE



TYNDALE  
UNIVERSITY COLLEGE & SEMINARY



THE UNIVERSITY of NORTH CAROLINA  
GREENSBORO



UNC CHARLOTTE

## LA GRANJA: REVISTA DE CIENCIAS DE LA VIDA

### Consejo Internacional de Revisores (International Reviewers Board)

- Dr. Guillermo Marcillo, University of Illinois Urbana Champaign, EE.UU.  
Dr. Antonio Panico Università degli Studi Pegaso, Italia  
Dr. John Mejía, Universidad de Nevada, EE.UU.  
Dra. Enrica Caporali, Università di Firenze, Italia  
Dra. Nancy Bonifáz, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Dra. Paola VitaFinzi, Università di Pavia, Italia  
Dr. Flavio Contreras-Torres, Universidad Autónoma de México, México  
Proff. León Escobar Moreira, SYNAPTRONIC, EE.UU.  
Dr. Geovanni Vidari, Università di Pavia, Italia  
Dra. Lorena Meneses, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador  
Dr. Fernando Funes Monzote, Universidad de Matanzas, Cuba  
Dr. Nicolás Vásquez, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
Dr. Giovanni Bernacchia, Università di Ferrara, Italia  
Dr. Juan H. Avellaneda Cevallos, Universidad Técnica Estatal de Quevedo Ecuador  
Dr. Lorenzo Guerrini, Università di Firenze, Italia  
Dr. José Luis Santos, International CLIVAR Project Office, China  
Dr. Solveig Tosi, Università di Pavia, Italia  
Dra. Pamela Jaramillo, Mikuna-Food Science and Technology, Ecuador  
Dr. Juan Enrique Tacoronte, Universidad Central del Ecuador, Ecuador  
Dra. Mercy Bordor, Escuela Politécnica del Litoral  
Dr. Christian Domínguez, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
MSc. Laura Huachi, Universidad Politécnica Salesiana  
Dra. Priscila dos Santos Silva, Universidad de Sao Paulo, Brasil  
Dr. Pablo Marini, Universidad Nacional de Rosario, Argentina  
Dra. Claudinea Brazil, Universidad de Don Bosco de Puerto Alegre, Brasil  
Dra. Adriana Sánchez Urdaneta, Universidad de Zulia, Venezuela  
MSc. Bernardo Navarrete, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIAP, Ecuador  
Dr. Jorge Palomeque Santiago, Instituto Mexicano del Petróleo, México  
Dr. Antonio Panico Università degli Studi Pegaso, Italia  
MSc. Patricio Yáñez Moretta, Universidad Internacional del Ecuador, Ecuador  
Dr. Emmanuel Donkor, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, West Africa  
Dr. Carlos Hernandez Medina, Centro Universitario Municipal Camajuaní, Cuba  
Dr. Daniel A. Lowy, Northern Virginia Community College, EE.UU.  
Dr. Marjan Temovski, Institute of Nuclear Research of the Hungarian Academy of Sciences, Hungría  
Dr. Elemer Laszlo, Institute of Nuclear Research of the Hungarian Academy of Sciences, Hungría  
Dr. Manuel Maldonado, Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador.  
Dr. Mehmood Ali, NED University of Engineering and Technology, Pakistán  
Dra. Ana Teodoro, Universidade do Porto, Portugal  
Dr. Panagiotis Kechagiopoulos, University of Aberdeen, Reino Unido  
Dr. Carlo Visconti, Politecnico di Milano, Italia  
Dr. Fernando Bimbela, Universidad Pública de Navarra, España  
Dra. Marta Elena Alonso, Universidad de León, España  
Dra. Alison Hanlon, University College Dublin, Irlanda  
Dr. Sabino Armenise, Universidad Rey Juan Carlos, España

# ÍNDICE

<b>Editorial</b> .....	6
<b>Artículos Científicos</b>	
CIENCIAS AGRÍCOLAS	
<b>Fertilización con magnesio en plátano ‘Barraganete’ (<i>Musa AAB</i>) Ecuador</b> .....	8
José Randy Cedeño-Zambrano, José Vicente García-Párraga, Cruz Maribel Solórzano-Cobeña, Luis Alfonso Javier Jiménez-Flores, Santiago Miguel Ulloa-Cortazar, Francel Xavier López-Mejía, Leonardo Enrique Avellán-Vásquez, Belkys Yasmín Bracho-Bravo y Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta.	
BIOLOGÍA MOLECULAR	
<b>Primer estudio de dos especies de <i>Aspergillus</i> aisladas de bosques de manglar en Ecuador</b> .....	20
Katheryn Sacheri-Viteri, Juan Fernández-Cadena, Natalia Molina-Moreira, y Derly Andrade-Molina.	
CONSERVACIÓN	
<b>Tráfico nacional de fauna silvestre y especies amenazadas: Un estudio descriptivo en Manabí (Ecuador)</b> .....	33
Sofía Crespo-Gascón, Carlos B. Solórzano, y José Guerrero-Casado.	
BIOTECNOLOGÍA	
<b>Elaboración de nanopartículas de plata sintetizadas a partir de extracto de hojas de romero (<i>Rosmarinus officinalis L.</i>) y su uso como conservante</b> .....	45
Lucas Pardo, Jason Arias, y Patricia Molleda.	
DESARROLLO SOSTENIBLE	
<b>Espacios de formación y comercialización agroecológica: Lecciones aprendidas en la Universidad Central del Ecuador</b> .....	59
Xavier León-Vega, Jaime Pazmiño-Mayorga, Ramiro Vivas-Vivas, y Darío Cepeda-Bastidas.	
CIENCIAS VETERINARIAS	
<b>Control del estrés térmico agudo en pollos de engorde Línea Ross 308 mediante la inclusión de betaína en agua de bebida y su análisis económico en la parroquia El Quinche, Ecuador</b> .....	72
Wladimir Moya, y Jorge Barba.	
NÚMERO ESPECIAL: CIENCIAS DE LOS RECURSOS NATURALES	
<b>Cuantificación del flujo de <math>CO_2</math> en el suelo colonizado por <i>Avicennia germinans</i>, emplazado en el humedal Laguna Grande, sector Los Totumos, estado Miranda, Venezuela</b> .....	85
María Ugas Pérez, Rossany Calderón Castellanos, Ferney Rivas Meriño, y Franklin Núñez Ravelo.	
<b>Efecto de la temperatura previa a la extracción en el rendimiento y perfil de ácidos grasos del aceite de Morete (<i>Mauritia flexuosa L.f.</i>)</b> .....	98
Maritza Rivera, Milton Ramos, Mónica Silva, Jorge Briceño, y Mario Alvarez.	
<b>Impacto Ecotoxicológico de tres plaguicidas sobre <i>Eisenia fetida</i> (lombriz roja californiana) en el cultivo de <i>Allium cepa</i> (cebolla) en el distrito de Lurín, Lima, Perú</b> .....	112
Diego Fernando Elias Estremadoyro, y José Iannacone.	
<b>Estudio de las propiedades enológicas de la naranjilla con fines gastronómicos en Pacto-Pichincha</b> .....	124
Jhony Méndez, Edison Molina, Rodrigo Valdiviezo, Catalina Armendariz, y Arnulfo Portilla.	
<b>Normas para autores</b> .....	137

Estimadas y estimados lectores:

¡Estamos de aniversario! La Revista de Ciencias de la Vida, La Granja, celebra sus 20 años de vida. Es momento de hacer un alto y revisar un largo camino de trabajo y colaboración científico-editorial. Así como agradecer a todos quienes han puesto su grano de arena en este proyecto de la Universidad Politécnica Salesiana: diagramadores, traductores, diseñadores, programadores, gestores de redes sociales, entre otros. Sin olvidar a aquellos quienes confían en nuestra revista desde todas las partes del mundo: autores, revisores, editores invitados y miembros del Comité Científico. Y es que esta revista científica se ha convertido en un proyecto comunitario, un ecosistema virtual de investigación, en donde conviven expertos, cada uno en su área, con el propósito común de visibilizar la producción científica de calidad. Mientras el propósito sea valioso, se seguirán sumando voluntades, por lo que es nuestro deber y compromiso seguir ofreciendo esta calidad y accesibilidad a través de La Granja.

En este número especial de Ciencias Ambientales presentamos los resultados de investigaciones que representan una enriquecedora evidencia para el avance del conocimiento. Los estudios realizados por los autores que se publican en esta edición se han enfocado en el aprovechamiento de los recursos biológicos y naturales de nuestra región. Por lo tanto, Jorge Briceño y sus colaboradores de la Universidad Estatal de Bolívar, Universidad Técnica de Ambato y la Fundación Caminos del Sol del Ecuador, determinan el efecto de la temperatura previa a la extracción en el rendimiento y perfil de ácidos grasos del aceite de morete (*Mauritia flexuosa* L.F.). Como tal, el morete es una palmera que se encuentra en la región amazónica y que puede ser aprovechada como reemplazo de aceites de cocción convencionales, por lo que en este estudio se resalta el perfil de aprovechamiento bajo la definición de procesos y temperaturas. Por su parte, María Ugas y sus colaboradores de la Universidad de Pedagógica Experimental Libertador de Venezuela, cuantifican

el flujo de CO<sub>2</sub> en el suelo colonizado por *Avicennia germinans*. Los hallazgos demuestran la importancia de la microbiota edáfica, y resaltan el rol de los manglares como sumidero de CO<sub>2</sub>, en donde intervienen los microorganismos analizados, en especial por su importancia frente a las condiciones de cambio climático.

Por otra parte, José Iannacone y Diego Elias Estremadoyro, de la Universidad Científica del Sur, Perú, presentan los resultados del impacto ecotoxicológico sobre la lombriz roja californiana. Los resultados alcanzados demuestran que el uso de zeta-cipermetrina, un pesticida empleado con regularidad en la producción de cebolla en Lurín, Perú evidencia una afectación a la biota del suelo que beneficia además la absorción de nutrientes a muchas plantas. Finalmente, en el estudio llevado a cabo por Jhony Méndez y sus colaboradores de la Universidad Central del Ecuador, se establecen las propiedades enológicas de la naranjilla y se resalta la demostración de la factibilidad del producto que alcanza los estándares emitidos por la entidad normalizadora ecuatoriana INEN, con lo que se abren nuevas oportunidades para cultivos como la naranjilla que se producen en la zona de Pacto, abriendo una alternativa a la tradicional producción de caña de azúcar en la zona.

Dentro de la miscelánea de La Granja, con gusto presentamos los artículos en la temática de las Ciencias Agrícolas, en este caso, José Cedeño-Zambrano y sus colaboradores de la Universidad del Zulia de Venezuela, la Universidad Laica Eloy Alfaro y Universidad Técnica de Manabí de Ecuador, quienes presentan estrategias para la fertilización sostenible y efectiva del plátano barraganete. Mientras que, desde las Ciencias Veterinarias, Wladimir Moya, de la Universidad de los Lagos, Chile, muestra cómo los aditivos de betanina ayudan al control de estrés térmico en pollos de engorde.

Dentro de las Ciencias Biológicas, Katheryn Sacheri-Viteri y sus colaboradores de la Universidad Espíritu Santo, Ecuador, nos presentan un primer estudio sobre *Aspergillus* aislados de bosques de Manglar a través de la caracterización molecular. Mientras que, en área de la conservación, Sofía Crespo-Gascón y sus colaboradores de la Universidad Técnica de Manabí, nos muestran la preocupante realidad sobre el análisis del tráfico de especies amenazadas en Manabí, provincia del Ecuador.

En el área de la biotecnología, Lucas Pardo y sus colaboradores de la Universidad de Guayaquil y la Universidad Espíritu Santo, nos muestran el poten-

cial como conservante de nanopartículas de plata sintetizadas a partir de hojas de romero. Finalmente, Xavier León y sus colaboradores de la Universidad Central del Ecuador y la Universidad Andina Simón Bolívar, presentan lecciones aprendidas sobre espacios de comercialización agroecológica en ámbitos universitarios, una importante contribución en el área del desarrollo sostenible.

Estamos seguros de que estos artículos serán de gran aporte en sus respectivas investigaciones y que seguiremos llegando cada vez a más científicos en la región.

Cordialmente,

MsC. Sheila Serrano Vincenti  
Universidad Politécnica Salesiana  
Editora en jefe

Dr. Ignacio de los Ríos Carmedano  
Universidad Politécnica de Madrid  
Editor en jefe

Dr. Christian Franco Crespo  
Universidad Técnica de Ambato  
Editor Invitado/Adjunto



## FERTILIZACIÓN CON MAGNESIO EN PLÁTANO ‘BARRAGANETE’ (MUSA AAB) ECUADOR

### FERTILIZATION WITH MAGNESIUM IN ‘BARRAGANETE’ PLANTAIN (MUSA AAB) ECUADOR

José Randy Cedeño-Zambrano<sup>1</sup>, José Vicente García-Párraga<sup>2</sup>, Cruz Maribel Solórzano-Cobeña<sup>2</sup>, Luis Alfonso Javier Jiménez-Flores<sup>3</sup>, Santiago Miguel Ulloa-Cortazar<sup>4</sup>, Francel Xavier López-Mejía<sup>5</sup>, Leonardo Enrique Avellán-Vásquez<sup>6</sup>, Belkys Yasmín Bracho-Bravo<sup>7</sup> y Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta<sup>\*8</sup>

<sup>1</sup>Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión en El Carmen. Manabí, Ecuador. Estudiante de Doctorado en Ciencias Agrarias, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

<sup>2</sup>Investigadores Independientes, Ecuador.

<sup>3</sup>Departamento de Ingeniería, Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

<sup>4</sup>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

<sup>5</sup>Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión en El Carmen, Manabí, Ecuador. Fundación Agroecológica Río Negro. Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador.

<sup>6</sup>Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión en El Carmen, Manabí, Ecuador. Estudiante de Doctorado de Ingeniería Agraria, Alimentaria, Forestal y de Desarrollo Rural Sostenible. Universidad de Córdoba, España.

<sup>7</sup>Departamento de Estadística, Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

<sup>8</sup>Departamento de Botánica, Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. Instituto de Investigación, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Zootécnicas, Facultad de Ingeniería Agronómica, Grupo de Investigación en Manejo, Nutrición y Ecofisiología de Cultivos, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

\*Autor para correspondencia: [adriana.sanchez@utm.edu.ec](mailto:adriana.sanchez@utm.edu.ec)

Manuscrito recibido el 27 de julio de 2020. Aceptado, tras revisión, el 01 de junio de 2021. Publicado el 1 de marzo de 2022.

### Resumen

El cultivo de plátano es importante por el aporte que genera en la socio-economía y seguridad alimentaria de Ecuador, pues suministra alimentos ricos en energía a la mayor parte de la población. Además, se hace necesario realizar manejos de la fertilización que permitan una mejor utilización de este recurso e incrementar los rendimientos. Por ello, se evaluó la fertilización con magnesio en plátano ‘Barraganete’ (*Musa AAB*) en El Carmen, Manabí, Ecuador. La investigación se condujo en la Granja Experimental “Rio Suma”, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, extensión en El Carmen, ubicada a 260 msnm, temperatura promedio de 24 °C, precipitación anual de 2 684 mm. Se

aplicaron seis niveles de MgO (0, 25, 50, 75, 100, 125 kg·ha<sup>-1</sup>) para conocer su efecto sobre la morfo-fisiología y el rendimiento de las plantas. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos y tres repeticiones; la siembra se realizó con un distanciamiento de 2,50 m × 1,80 m (2 222 plantas·ha<sup>-1</sup>), y las variables de crecimiento vegetativo se evaluaron como medidas repetidas en el tiempo. Los resultados demostraron diferencias en todas las variables morfo-fisiológicas, lo que demostró que la fertilización con 30% de MgO afectó el crecimiento de las plantas; no obstante, las variables reproductivas no fueron afectadas por las dosis aplicadas; la dosis de 25 kg·ha<sup>-1</sup> generó los mejores rendimientos, eficiencia agronómica y factor parcial de productividad.

**Palabras clave:** Morfo-fisiología, rendimiento, fotosíntesis, eficiencia agronómica.

---

### Abstract

Plantain is an important crop for Ecuador due to its contribution in socio-economy and food security of this country, supplying rich-energy food to most of the population; in addition, it is necessary to carry out fertilization management that allows a better use of this resource and increase the yield. Magnesium fertilization in 'Barraganete' (*Musa AAB*) plantain was evaluated in El Carmen, Manabí, Ecuador. The research was conducted in the Experimental Farm "Rio Suma", Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extension El Carmen, located at 260 masl, average temperature of 24 °C, annual rainfall of 2 684 mm. Six levels of MgO (0, 25, 50, 75, 100, 125 kg·ha<sup>-1</sup>) were applied to know its effect on morpho-physiology and plant yield. A completely randomized block design with six treatments and three replications was used; the sowing was carried out with a distance of 2.50 m × 1.80 m (2 222 plants·ha<sup>-1</sup>), and the variables of vegetative growth were evaluated as repeated measures over time. The results demonstrated significant differences in all the morpho-physiological variables, which showed that fertilization with 30% MgO affected the growth of the plants; however, the reproductive variables were not affected by the applied doses; the 25 kg·ha<sup>-1</sup> dose generated the best yields, agronomic efficiency and partial productivity factor.

**Keywords:** Morpho-physiology, yield, photosynthesis, agronomic efficiency.

---

Forma sugerida de citar: Cedeño-Zambrano, J., García-Párraga, J., Solórzano-Cobeña, C., Jiménez-Flores, L., Ulloa-Cortazar, S., López-Mejía, F., Avellán-Vásquez, L., Bracho-Bravo, B., y Sánchez-Urdaneta, A. (2022). Fertilización con magnesio en plátano 'Barraganete' (*Musa AAB*) Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 35(1):8-19. <http://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.01>.

---

IDs Orcid:

José Randy Cedeño-Zambrano: <http://orcid.org/0000-0001-8770-1579>  
José Vicente García-Párraga: <http://orcid.org/0000-0003-0385-0994>  
Cruz Maribel Solórzano-Cobeña: <http://orcid.org/0000-0002-6389-2427>  
Luis Alfonso Javier Jiménez-Flores: <http://orcid.org/0000-0002-9999-4046>  
Santiago Miguel Ulloa-Cortazar: <http://orcid.org/0000-0001-6403-6780>  
Francel Xavier López-Mejía: <http://orcid.org/0000-0002-6923-4804>  
Leonardo Enrique Avellán-Vásquez: <http://orcid.org/0000-0003-4265-8049>  
Belkys Yasmín Bracho-Bravo: <http://orcid.org/0000-0003-3108-0296>  
Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta: <http://orcid.org/0000-0003-3108-0296>

## 1 Introducción

La producción mundial de plátano (*Musa* sp.) durante los años 2012-2017 se distribuyó en África (60,60%), América (26,50%), Asia (12,80%) y Oceanía (0,10%), lo cual es un indicativo de la importancia económica y alimenticia de este cultivo para la población (FAOSTAT, 2018). En América, Asia y África predominan temperaturas y humedad relativa altas en las zonas subtropicales y tropicales de estos continentes, los plátanos constituyen un cultivo de relevancia importancia por el área sembrada que representan (Ramos y col., 2016).

De acuerdo con el Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sostenible y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA, 2019), la India es el principal país productor de plátano con 30 477 000 t, 2,67 veces mayor a China (11 422 956 t), su más cercano competidor; señalando además que en Latinoamérica hay seis países que destacan en producción de plátano, tales como Brasil (6 675 100 t), Ecuador (6 282 105 t), Guatemala (3 887 439 t), Colombia (3 786 672 t), Costa Rica (2 552 822 t) y México (2 229 519 t).

En Ecuador, el plátano es un rubro de exportación y una fuente de empleo en diversas zonas del país. Debido a la importancia de este cultivo, se hace necesario generar herramientas confiables para que el agricultor maneje el cultivo de una manera adecuada y rentable (Tumbaco y col., 2015). Además de su importancia por el aporte que este genera para la socioeconomía y seguridad agroalimentaria, fortaleciendo el empleo directo (mano de obra fija) e indirecto (mano de obra ocasional, valor agregado de productos) y suministrando carbohidratos a la mayor parte de la población. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2020) en Ecuador en el 2019 hubo 115 069 ha sembradas de plátano como monocultivo y 45 194 ha asociadas con otros cultivos, la producción correspondió a 582 706 y 166 745 Tm, equivalente a 5 064 y 3 690 kg·ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Las exportaciones de banano y plátano en Ecuador correspondieron a \$3,27 miles de millones, representando 17,5% del total de las exportaciones no petroleras (OEC, 2017; Álvarez y col., 2020); no obstante, el Banco Central de Ecuador (BCE, 2020) señaló que la exportación de plátanos en Ecuador para 2019 correspondió a 211 732,6 Tm. En un estu-

dio realizado por Molero y col. (2008), la extracción de nutrientes por el cultivo de plátano cv. Hartón al momento de la cosecha fueron aproximadamente de N: 150; P: 60; Ca: 215; Mg: 140; Mn: 12; Fe: 5; Zn: 1,5; B: 1,25 y Cu: 0,5 kg·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>; por lo que resultó importante utilizar dosis de restitución para mantener la fertilidad del suelo y garantizar una alta producción. Estos mismos autores han señalado que el nitrógeno, el potasio y en menor cantidad el magnesio en el cultivo de plátano son los elementos más importantes para su crecimiento y producción.

En contraposición a esto, Cobeña y col. (2020) encontraron que en plátano 'Barraganete' los elementos nutritivos que fueron extraídos en mayor cantidad fueron K, Ca, N, P y Mg, cuando se realizaron fertilizaciones con N y K<sub>2</sub>O; con respecto al contenido de P y Mg, y no hubo un comportamiento mantenido de extracción de estos dos elementos. Avellán y col. (2020) evaluaron la exportación de P en plátano 'Barraganete', encontrando que este presentó movilidad baja en el suelo, y absorbiendo el que se encontró alrededor de las raíces; lo que indica que al realizar la fertilización, el P estuvo disponible y en forma soluble, pero fue fijado casi de manera inmediata, dejando de estar aprovechable para la planta; por lo que el fraccionamiento del P fue sugerido como una alternativa para el incremento de su eficiencia.

Por otro lado, el Mg tiene gran importancia en las plantas. El 75% de la cantidad de Mg contenido en las hojas participó en la síntesis de proteínas y entre el 15 y 20% del Mg total estuvo asociado con los pigmentos clorofílicos (White y Broadley, 2009), interviniendo como cofactor de una serie de enzimas involucradas en el metabolismo y fijación del carbono fotosintético (Hermans y col., 2013).

Entre el 90 y 98% del Mg presente en el suelo no se encuentra disponible para ser absorbido por las plantas, sino que está incorporado en la estructura cristalina de los minerales (Senbayram y col., 2015). La forma aprovechable del Mg para ser absorbido por las plantas es como ión Mg<sup>2+</sup>, el cual posee el radio iónico más pequeño, pero el radio hidratado más grande entre los cationes (Maguire y Cowan, 2002). Esto hace que se una débilmente a los coloides del suelo cargados negativamente y a las paredes de las células de las raíces, lo que genera que el Mg se pierda fácilmente (Grzebisz, 2011). Al mismo

tiempo, la fertilización excesiva con  $K^+$  y  $NH_4^+$  es antagónica con la absorción de Mg, incrementando su deficiencia. La deficiencia de Mg aumenta en los suelos ácidos saturados con cationes de  $H^+$ ,  $Al^{3+}$  y  $Mn^{2+}$ , donde ocurre lixiviación intensiva, especialmente en áreas con altas precipitaciones (Gransee y Führs, 2013).

Aun ante la importancia del  $Mg^{2+}$  en el crecimiento y desarrollo de las plantas, el mecanismo molecular de las células vegetales que regulan la homeostasis del  $Mg^{2+}$ , así como los mecanismos moleculares relacionados con el transporte de magnesio, son poco conocidos. Se requiere de  $Mg^{2+}$  para que se presente un adecuado funcionamiento de las numerosas actividades celulares relacionadas con la síntesis de clorofila, por ser el componente principal de la clorofila, la estabilidad de la membrana y la activación enzimática (Guo y col., 2016).

Por otro lado, la nutrición con Mg en las plantas debe considerarse como un importante problema mundial, no solo en lo que se refiere a la seguridad alimentaria, sino también para la salud humana, ya que el Mg es un nutriente esencial en la alimentación humana y animal, y las plantas constituyen la principal fuente de ingesta diaria de este elemento. En este sentido, se han realizado experimentos donde se ha evaluado el efecto del magnesio en plantas; no obstante, esta información en plátano es escasa, particularmente en Ecuador. Por lo tanto, el objetivo es evaluar la respuesta a la fertilización con magnesio en el cultivo de plátano 'Barraganete' (*Musa AAB*), en el cantón El Carmen, Manabí, Ecuador.

## 2 Materiales y Métodos

La investigación se realizó entre 2018-2019, en la Granja Experimental Río Suma, Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, extensión El Carmen, geográficamente ubicada en la Provincia de Manabí, Cantón El Carmen, en coordenadas UTM (-0,259503 S; -79,427558 O), en clima trópico húmedo. Las características agroecológicas correspondieron a altitud 260 msnm, temperatura de 24,15 °C, precipitación anual de 2 684 mm, humedad relativa de 85,6%, heliofanía de 553 horas·luz<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> y evaporación de 1 064,30 mm·año<sup>-1</sup> (Climate-data.org, 2019).

El análisis de suelo del área de estudio indicó niveles medios de MO (4,48%), C.E. no salino (0,08 ds·m<sup>-1</sup>), pH de 5,7 (medianamente ácido), contenidos bajos de  $NH_4$  (11,61 ppm), P (4,56 ppm), S (2,14 ppm), Mg (0,90 meq·100 g<sup>-1</sup>), sumatoria de bases 8,40 meq·100 g<sup>-1</sup>, Mn (9,70 ppm), y relación Mg/K (1,80),  $Ca^+$  Mg/K (15,80). Niveles altos de K (0,50 meq·100 g<sup>-1</sup>), Ca (7,00 meq·100 g<sup>-1</sup>), Cu (5,80 ppm), Fe (123,10 ppm), Zn (23,20 ppm) y relación Ca/Mg (7,78). La textura es franco-arenosa (62% de arena, 28% de limo y 10% de arcilla) (Avellán y col., 2020). Después que el cultivo alcanzó la edad media se tomaron muestras de suelo y del área foliar al final del ciclo del cultivo. Las muestras de suelo fueron analizadas en el Laboratorio Agrolab, adscrito a la Red de Laboratorios de Agua y Suelos de Ecuador (Release).

La investigación se evaluó en una plantación de plátano 'Barraganete' (*Musa sp. AAB*) de primer ciclo, con una distancia de siembra de 2,5 m entre hileras × 1,8 m entre plantas (4,5 m<sup>2</sup>), para un total de 2 222 plantas·ha<sup>-1</sup>, correspondiendo a un manejo de alta densidad de plantas. Se incluyeron 288 plantas en la investigación, y se distribuyeron en tres bloques. Se realizaron aplicaciones de fertilizante fraccionados en tres dosis (N-P-K y MgO). Los tratamientos siguieron un diseño experimental en bloques totalmente al azar, con tres repeticiones.

Los tratamientos fueron fertilizados con MgO a seis niveles (0, 25, 50, 75, 100 y 125 kg·ha<sup>-1</sup>) y una dosis estándar de 80 kg·ha<sup>-1</sup> de N, 40 kg·ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 150 kg·ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, fraccionados en tres partes iguales y aplicado al suelo cuando la planta emitió las hojas 12, 16 y 20. Los fertilizantes comerciales que se utilizaron fueron urea con 46% de N, fosfato diamónico (DAP) con 18% de N y 46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, muriato de potasio con 60% de K<sub>2</sub>O y óxido de magnesio con 30% de MgO.

La unidad experimental estuvo conformada por 16 plantas, de allí se seleccionaron cuatro plantas de la parte central para evitar el efecto de bordura y realizar sobre ellas las evaluaciones. Las plantas fueron trasplantadas al emitir la hoja cinco. Los promedios de los tratamientos se compararon mediante la prueba de Tukey (P<0,05). Para el procesamiento de los datos se utilizó el procedimiento GLM del programa SAS®, versión 15.1 (Statistical

Analysis System, 2020).

Las variables morfo-fisiológicas (altura de la planta, perímetro del pseudotallo, número de hojas, largo y ancho de la hoja 3 y área foliar), fueron evaluadas a través del tiempo con mediciones cada 8 días, por lo que se analizó utilizando la metodología de medidas repetidas en el tiempo a través del procedimiento MIXED (Statistical Analysis System, 2020); de igual forma, se seleccionaron modelos polinómicos de segundo grado que explicaron mejor el comportamiento a través del tiempo de las variables de crecimiento. La representación gráfica de las variables se realizó con el software SigmaPlot. Además, se tomaron variables relacionadas con el rendimiento (número de manos, número de dedos, longitud de dedos, diámetro de los dedos exportables, biomasa del fruto y del racimo, rendimiento por hectárea, concentración edáfica y foliar de Mg, concentración de Mg en el fruto, exportación de Mg en el fruto, eficiencia agronómica y factor parcial de productividad). El área foliar se determinó a través de las medidas obtenidas de la longitud y ancho de la tercera hoja y se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Area foliar} = \text{longitud} \times \text{ancho} \times 0,8 \text{ (Martínez, 1984)}$$

Para las variables relacionadas con la eficiencia de la fertilización se determinaron la exportación de Mg, para lo cual se consideró el porcentaje de biomasa seca del fruto multiplicado por el rendimiento del cultivo por hectárea y multiplicado por el porcentaje de concentración de magnesio; de esta manera se calculó la cantidad de magnesio que salió del cultivo mediante el fruto y la respuesta se obtuvo en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

La eficiencia agronómica (EA) se definió como el aumento del rendimiento a partir de la fertilización por unidad de nutriente aplicado (Dobermann, 2007) y se calculó considerando el rendimiento de las parcelas fertilizadas (RPF) menos el rendimiento de la parcela testigo (RPT), dividido entre la dosis aplicada (DA), se expresó en  $\text{kg}$  de fruto  $\cdot \text{kg}^{-1}$  de nutriente aplicado.

$$EA = \frac{RPF - RPT}{DA}$$

El factor parcial de productividad permite evaluar la eficiencia de un nutriente para la producción (Bruulsema y col., 2011). Se calculó con la fórmula

$FPP = \frac{R}{D}$  en el cual  $R$  = rendimiento de las parcela cosechada ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y  $D$  = dosis de nutriente aplicado ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) (Dobermann, 2007).

## 3 Resultados y Discusión

### 3.1 Altura de la planta y perímetro del pseudotallo

Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) para esta variable de manera general por efecto de los tratamientos para los muestreos realizados en la semana 10 (T25-T50; T75-T125 y T100-T125), y a partir de la semana 11 a la 53 las diferencias se presentaron entre T0-T75, T0-T100, T0-T125, T50-T75 y T50-T100. Para las semanas indicadas, T25 fue el que presentó la mayor altura de la planta, alcanzando 3,47 m a las 53 semanas después de la siembra; el T0 fue superior a T75 y T100.

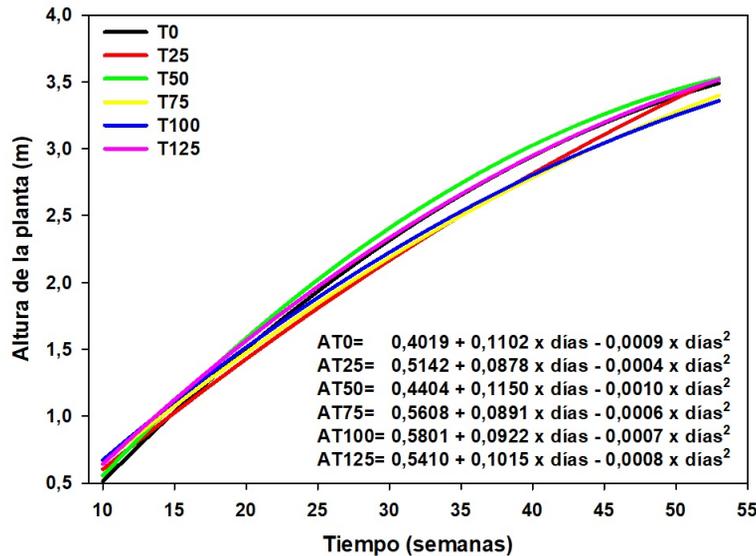
La altura de las plantas tuvo la misma tendencia para todos los tratamientos a través del tiempo, ajustándose a un polinomio de segundo grado ( $Y = a + bx + cx^2$ ), e indicando que la fertilización con magnesio incrementó la longitud de las plantas de plátano 'Barraganete' con T50, T125 y T0 comparado con T75 y T100; estos dos últimos presentaron valores similares a T25 hasta la semana 46, a partir de allí se incrementó hasta valores similares a T0, T50 y T125 (Figura 1). Este comportamiento polinómico de segundo orden sugiere que al acercarse la emergencia de la inflorescencia se desacelera el crecimiento de la planta hasta que alcanza su altura final.

La altura promedio obtenida en esta investigación a las 53 semanas fue de 3,47 m, similar a la reportada por Cayón y col. (2004) que estuvo entre 3,2–3,4 m al evaluar densidades y arreglos de siembra en un rango de 1 500 a 3 000 plantas  $\cdot \text{ha}^{-1}$ , sin diferencias estadísticas entre ellas.

Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) para el perímetro del pseudotallo por efecto de los tratamientos para todas las semanas donde se realizaron las evaluaciones. Hubo diferencias en la semana 10 entre T0-T25; T0-T50 y T100-T125 y entre las semanas 11 a la 53 en T0-T75, T0-T100, T0-T125, T25-T100, T25-T125, T50-T100 y T50-T125. Esta variable a través del tiempo se ajustó a un po-

linomio de segundo orden ( $Y = a + bx + cx^2$ ). Hubo una tendencia similar entre los tratamientos a través del tiempo, indicando que la fertilización con

MgO afectó el diámetro del pseudotallo del plátano 'Barraganete' (Figura 2).



**Figura 1.** Altura de las plantas de plátano 'Barraganete' (*Musa ABB*) bajo diferentes dosis de fertilización con MgO, en El Carmen, Ecuador. Datos recolectados cada 8 días. Se presentan los valores estimados. T0= testigo (0 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO, negro), T25= 25 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO (rojo), T50= 50 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO (verde), T75= 75 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO (amarillo), T100= 100 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO (azul) y T125= 125 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO (magenta).

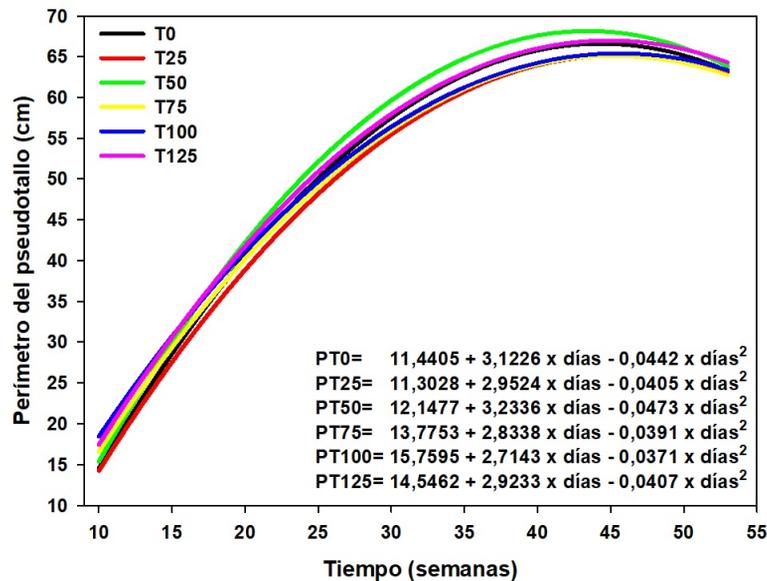
En este sentido, se reconoce la importancia del Mg en diversos procesos metabólicos y reacciones en las plantas, particularmente en la fotosíntesis y en el contenido de clorofila; por ello, Cakmak y Yazici (2010) señalaron que las plantas que presentan deficiencias de Mg acumularon hasta cuatro veces más sacarosa al compararlas con las que presentaron un adecuado contenido de Mg, generando una severa inhibición del transporte de sacarosa en las hojas hacia otros órganos receptores de la planta (raíces, tallos, entre otros). Una adecuada nutrición con Mg durante los periodos de transporte de carbohidratos de las hojas a las células en otros sitios de la planta garantiza maximizar el transporte de carbohidratos hacia los órganos receptores, con lo cual se promovió el crecimiento y altos rendimientos.

El promedio general del perímetro del pseudotallo fue de 52,23 cm, similar al indicado por Barreira, Combatt y Ramírez (2011) de 52,23 cm en promedio para el primer ciclo de producción y de 48,15

cm para el segundo ciclo en plátano Hartón con una densidad de 1 111 plantas·ha<sup>-1</sup>; no obstante, con la aplicación de micorrizas + lombriabono fue de 60,08 y 41,5 cm, para cada ciclo de producción, respectivamente, siendo menor que el obtenido por Pinchao (2018) al evaluar en plátano 'Barraganete' el efecto de diferentes niveles de K<sub>2</sub>O y MgO, obteniendo en promedio 70 cm en esta misma variable con una densidad de 2 222 plantas·ha<sup>-1</sup>.

### 3.2 Ancho, largo y área foliar

Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) para el ancho de la hoja en la semana 10 (T0-T25, T0-T75, T0-T100, T0-T125, T25-T50, T25-T125, T50-T75, T50-T100, T50-T125 y T75-T100; para la semana 11 (T0-T25, T0-T100, T25-T50, T25-T75, T25-T125, T50-T100, T75-T100 y T100-T125; y a partir de la semana 12 hasta la 53 entre T0-T25, T0-T100, T25-T50, T25-T75, T25-T125, T50-T100, T75-T100 y T100-T125 por efecto de los tratamientos.



**Figura 2.** Perímetro de pseudotallo de plátano ‘Barraganete’ (*Musa ABB*) bajo diferentes dosis de fertilización con MgO, en El Carmen, Ecuador. Datos tomados cada 8 días. Se presentan los valores estimados. T0= testigo (0 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO, negro), T25= 25 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO (rojo), T50= 50 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO (verde), T75= 75 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO (amarillo), T100= 100 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO (azul) y T125= 125 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO (magenta).

Igualmente hubo diferencias estadísticas ( $P < 0,01$ ) para el largo de la hoja durante todo el periodo evaluado entre T0-T25, T25-T50, T25-T75, T25-T125, T50-T100, T75-T100 y T75-T125. El área foliar presentó diferencias estadísticas en la semana 10 entre T0-T25, T0-T50, T0-T100, T50-T100, T75-T100 y T75-T125; y desde la semana 11 a la 53 entre T0-T25 y entre T25 con T50, T75, T100 y T125.

Los resultados indicaron que la fertilización con MgO influyó en el desarrollo de las hojas. Tanto el ancho de las hojas como el área foliar a través del tiempo presentaron una tendencia similar, donde T0 fue el que tuvo menor desarrollo de las hojas (Figura 3). Los tratamientos tuvieron un comportamiento polinómico de segundo grado ( $Y = a + bx + cx^2$ ) para estas variables, donde a partir aproximadamente de la semana 30 del desarrollo del cultivo hubo una tendencia a incrementarse el ancho de las hojas entre los diferentes tratamientos, a excepción de T0 que se mantuvo a través del tiempo.

Con la dosis de 125 kg·ha<sup>-1</sup> hubo un incremento en el ancho de la hoja de 1,12 veces con respecto a T0, para la semana 53. En promedio T0 presentó un ancho de 0,68 m, mientras que T50 y T125 tuvieron

en promedio 0,72 m. El desarrollo de las hojas tuvo similar comportamiento a lo señalado por Aristizábal (2008), quien indicó que las hojas terminales disminuyeron su tamaño en las últimas semanas antes de la emisión de la inflorescencia (bellota), y en esta investigación se realizó sobre la hoja 3 de la planta.

Con respecto al largo de la lámina foliar, en la Figura 3 se evidenció que a partir de la semana 15 y hasta la semana 30 se observó un crecimiento más acelerado de las hojas, y en promedio fue de 1,88 veces mayor en el rango indicado. A partir de la semana 30 y hasta la semana 53 el crecimiento de las hojas fue más lento (incremento de 1,04 veces), lo cual evidenció que en las últimas semanas la longitud de las hojas tuvo una pendiente menor, siendo casi horizontal el incremento del crecimiento. Tanto la anchura como la longitud de las hojas fue evaluada en la hoja 3, la cual ha venido siendo utilizada como hoja de referencia en el cultivo.

De acuerdo con Martínez y Cayón (2011) la fase logarítmica (fase vegetativa) fue de lento crecimiento, seguida de un cambio progresivo en su tasa de velocidad, evidenciado por la pendiente de la cur-

va, y con incremento exponencial de la anchura y longitud de las hojas; la diferenciación marcó la terminación de esta fase. Continuó la fase lineal (fase vegetativa-reproductiva), presentándose en la planta crecimiento acelerado y constante, y por ende con estabilidad de la pendiente de la curva; en esta fase se destacó el desarrollo y elongación del tallo floral, y culminó con la emergencia de la inflorescencia (floración). El ciclo del cultivo se completó al iniciar la fase de senescencia (fase reproductiva-productiva), con la floración y posterior desarrollo del racimo; el ritmo de crecimiento de la planta disminuyó ya que se movilizaban los asimilados de hojas y pseudotallo (fuentes) al fruto (sumidero); coincidiendo este comportamiento con el obtenido en esta investigación.

La dinámica del área foliar a través del tiempo sugirió que el área foliar tendió a disminuir conforme la planta se aproximaba a la emisión de la inflorescencia, lo cual podría deberse a una menor tasa de emisión de hojas; disminución del tamaño de la lámina foliar, menor longevidad de las últimas hojas producidas, o al efecto combinado de estos hechos.

En la Figura 3 se observa que T0 presentó un comportamiento más uniforme que las plantas fertilizadas, con la menor área foliar al final del periodo de investigación, el cual fue 1,19 veces menor que T125. Esto debido a que la carencia de Mg inhibe el crecimiento de las plantas, acelera el proceso de envejecimiento y genera pérdidas tanto en la producción como en la calidad de los cultivos (Verbruggen y Hermans, 2013), ya que está implicado en el proceso de fotosíntesis, por lo que su deficiencia disminuyó la tasa fotosintética y bloqueó la retribución de carbohidratos a los órganos demandantes, lo que conduce a la inhibición del crecimiento de los órganos demandantes y por ende a la baja productividad en muchas especies de plantas (Chen y col., 2018; He y col., 2020).

Martínez y Cayón (2011) indicaron que, en promedio, del área foliar total producida por las plantas de plátano, estas pierden aproximadamente 8 m<sup>2</sup> al llegar a la floración y otros 4 m<sup>2</sup> adicionales hasta la cosecha; estas pérdidas; sin embargo, podrían ser mayores si no hay un adecuado manejo de las enfermedades foliares o si la planta experimenta condiciones de estrés hídrico. Lo anterior significa que, de la biomasa seca destinada para la formación

de hojas durante todo el ciclo, la planta pierde un 60% en forma de hojas secas no recuperables.

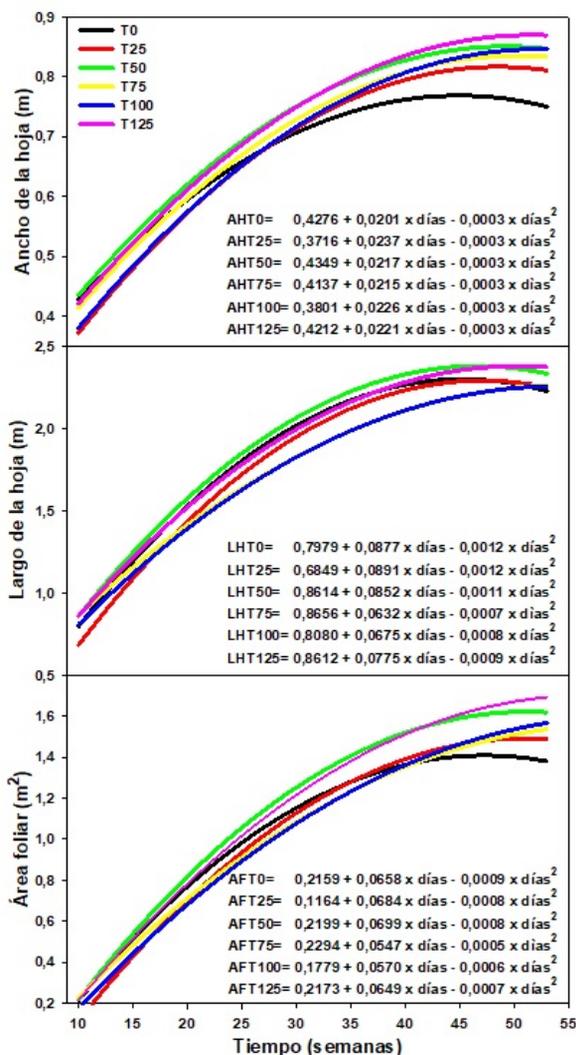
### 3.3 Número de hojas

Por otro lado, no hubo diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ) para el número de hojas emergidas-planta<sup>-1</sup> por efecto de los tratamientos evaluados. Los promedios alcanzados para el número de hojas totales (38,33 hojas), el número de hojas al emerger la inflorescencia (12,33 hojas funcionales) y al momento de la cosecha (5,67 hojas), sugiere que la fertilización con magnesio no tuvo influencia sobre esta variable. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Pinchao (2018) quien señaló 5 hojas a la cosecha y 38 a 40 hojas en todo el ciclo del cultivo. Resultados similares fueron reportados por Herrera y Aristizábal (2003) y Jaramillo y Aristizábal (2004) en trabajos con otros cultivares de plátano.

Según Martínez y Cayón (2011) a partir de la emergencia de la inflorescencia, la planta debe mantener un mínimo de 8 hojas para garantizar el llenado del racimo. Aristizábal (2008) establecieron que, si bien el número de hojas funcionales presentes es importante, lo es mucho más la posición de las mismas en la planta, ya que este hecho es el que determina la contribución que cada una de ellas hace al llenado del racimo. A este respecto, observaron que la tasa de emisión foliar en plátano Hondureño Enano y Dominicó Hartón tendió a disminuir linealmente a través del tiempo hasta que la planta emitió la inflorescencia.

### 3.4 Número de manos y de dedos, longitud y perímetro de los dedos, biomasa de los frutos y del racimo y rendimiento·ha<sup>-1</sup>

Las variables número de manos y de dedos, longitud y perímetro de los dedos, biomasa de los frutos y del racimo y rendimiento·ha<sup>-1</sup>, todas relacionadas con los componentes del rendimiento, no presentaron diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ) por efecto de las dosis de MgO aplicadas. No obstante, los valores promedios fueron de 5,44 manos-racimo<sup>-1</sup>; 26,33 dedos exportables-racimo<sup>-1</sup>; longitud de los dedos de 31,44 cm; perímetro de los dedos de 47,17 mm; biomasa de los dedos de 350 g; biomasa del racimo entre 10,28 y 11,49 kg y rendimiento entre 22,98 y 25,88 t·ha<sup>-1</sup>.



**Figura 3.** Ancho, largo y área foliar del cultivo de plátano ‘Barraganete’ (*Musa ABB*), bajo diferentes dosis de fertilización con MgO, en El Carmen, Ecuador. Datos tomados cada 8 días. Se presentan los valores estimados. T0= testigo (0 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO, negro), T25= 25 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO (rojo), T50= 50 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO (verde), T75= 75 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO (amarillo), T100= 100 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO (azul) y T125= 125 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO (magenta).

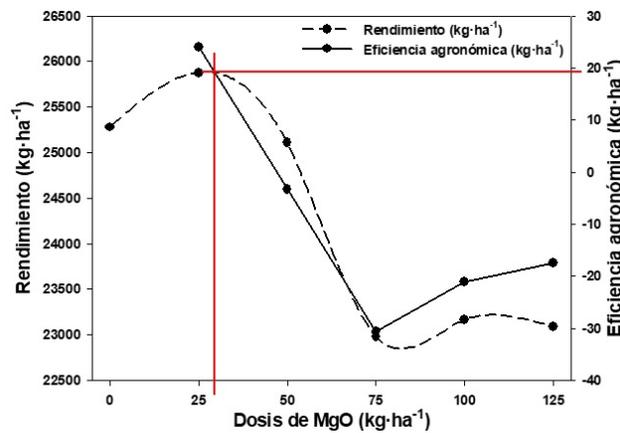
### 3.5 Eficiencia agronómica (EA) y factor parcial de productividad (FPP)

Las dosis de 50 a 125 kg·ha<sup>-1</sup> generaron EA negativas desde -3,33 a -30,67 kg·ha<sup>-1</sup>, mientras que la dosis de 25 kg·ha<sup>-1</sup> fue de 23,95 kg·ha<sup>-1</sup> (Figura 4). Las EAs negativas fueron producto de que T0 (testigo sin MgO; 25 277,78 kg·ha<sup>-1</sup>) tuvo un rendimiento superior a las parcelas fertilizadas, a excepción de T25 (25 876,54).

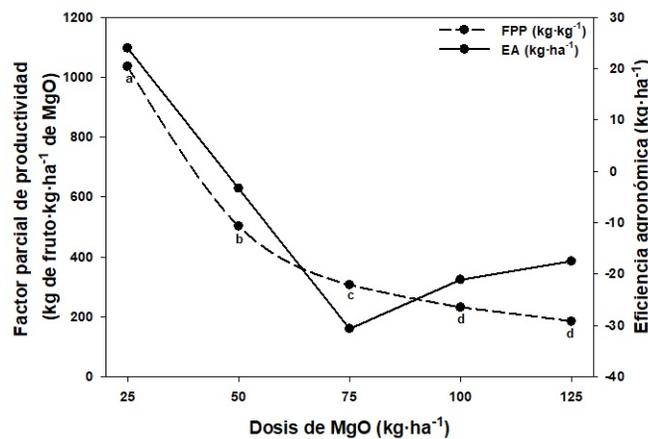
La intersección de las líneas se considera el punto óptimo, donde el fertilizante fue mayormente aprovechado por la planta para incrementar la producción. La misma fue superior a los 25 kg·ha<sup>-1</sup>, con una eficiencia agronómica inferior a los 20 kg de fruto·kg·ha<sup>-1</sup> de MgO aplicado, lo cual sugiere realizar más investigaciones donde se utilicen dosis más pequeñas, en intervalos entre 20 y 30 kg·ha<sup>-1</sup>, que permita determinar la dosis idónea para aumentar el rendimiento del cultivo (Figura 4).

Dosis superiores a los 50 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO disminuyeron la eficiencia agronómica bajo las condiciones de experimentación. Según Avellán y col. (2020) y Cobeña y col. (2020) esto podría haber ocurrido debido a que la absorción de nutrientes, por exceso de fertilización, fue superior al requerido por las plantas, generando un efecto negativo, ya que impidió la absorción de otros nutrientes requeridos en mayor volumen y que podrían haber estado presentes en la solución del suelo. Esto sugiere un desbalance nutricional; en otras palabras, la absorción de una mayor cantidad de MgO y menos de otros nutrientes, especialmente N y P, pudo contribuir a disminuir los rendimientos.

Con relación al FPP, se encontraron diferencias estadísticas ( $P < 0,01$ ) para el FPP por efecto de las dosis de MgO aplicadas. Los valores reportados se encontraron entre 1 035,06 y 184,73 kg de fruto·kg·ha<sup>-1</sup> de MgO para las dosis de 25 y 125 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO, respectivamente (Figura 5). En este sentido, Boaretto, Muraoka y Trevelin (2007) señalaron que en la medida que se incrementó la dosis de fertilizante, la eficiencia productiva de los cultivos fue menor; en otras palabras, con bajas dosis de fertilización la eficiencia del nutriente aplicado fue elevado.



**Figura 4.** Rendimiento y eficiencia agronómica en plátano 'Barraganete' (*Musa ABB*), bajo diferentes dosis de fertilización con MgO, en El Carmen, Ecuador.



**Figura 5.** Factor parcial de productividad y eficiencia agronómica en plátano 'Barraganete' (*Musa ABB*), bajo diferentes dosis de fertilización con MgO, en El Carmen, Ecuador.

Karley y White (2009), y White (2012) indicaron que, en los cultivos perennes como bananos y plátanos, es frecuente la presencia de antagonismos y sinergismos entre nutrientes que afectan el rendimiento, señalando que la relación antagonista entre K, Ca y Mg ha sido la más estudiada, y concluyendo que cuando alguno de estos nutrientes es elevado, disminuyen los contenidos de los otros, generando disminución en el crecimiento y rendimiento de las plantas.

## 4 Conclusiones

Las variables productivas no fueron influenciadas por las dosis aplicadas, aun cuando el mayor rendimiento, la eficiencia agronómica y el factor parcial de producción se alcanza con la dosis de 25 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO o cercana a ella, lo cual sugiere realizar investigaciones con dosis cercanas a ese valor. La dinámica de las variables morfo-fisiológicas evaluadas a través del tiempo se ajustan a ecuaciones polinómicas de segundo orden, donde la aplicación de MgO generó diferencias entre las dosis utilizadas en plátano 'Barraganete'. La dosis de 50 kg·ha<sup>-1</sup> de MgO presentó las mayores diferencias entre los tratamientos de fertilización con MgO.

## Referencias

- Álvarez, E. y col. (2020). «Evaluación socioeconómica de la producción de plátano en la zona norte de la Provincia de los Ríos». En: *Journal of Business and Entrepreneurial Studies* 4.2, 86-95. Online: <https://bit.ly/2VXrFZf>.
- Aristizábal, M. (2008). «Evaluación del crecimiento y desarrollo foliar del plátano hondureño enano (*Musa AAB*) en una región cafetera colombiana». En: *Agron.* 16.2, 23-30. Online: <https://bit.ly/3sibEsR>.
- Avellán, L. y col. (2020). «Exportación y eficiencia del uso de fósforo en plátano 'barraganete' (*Musa paradisiaca* L.)». En: *Revista Fitotecnia Mexicana* 43.1, 25-33. Online: <https://bit.ly/2VXopgs>.
- BCE (2020). *Estadísticas de Comercio Exterior*. Online: <https://bit.ly/2VESiIU>. Banco Central de Ecuador.
- Barrera, J., E. Combatt e Y. Ramírez (2011). «Efecto de abonos orgánicos sobre el crecimiento y producción del plátano Hartón *Musa AAB*». En: *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 5.2, 195-208. Online: <https://bit.ly/3xPmPdu>.
- Boaretto, A., T. Muraoka y P. Trevelin (2007). «Uso eficiente del nitrógeno de los fertilizantes convencionales». En: *Informaciones Agronómicas* 120, 13-14. Online: <https://bit.ly/2XurVzD>.
- Bruulsema, T. y col. (2011). «A global framework for fertilizer BMPs». En: *Icon.* 92, 13-15. Online: <https://bit.ly/3m6wlHi>.
- CEDRSSA (2019). *Reporte. La producción y el comercio del plátano*. Consulta: 12 diciembre 2019. Online: <https://bit.ly/3CMXmoV>. Palacio Legislativo de San Lázaro.
- Cakmak, I. y A. Yazici (2010). «Magnesio: El elemento olvidado en la producción de cultivos». En: *Informaciones Agronómicas-IPNI* 94.2, 23-25. Online: <https://bit.ly/3g62lY6>.
- Cayón, G. y col. (2004). «Desarrollo y producción del plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB* Simmonds) en diferentes densidades y arreglos de siembra». En: *Agronomía Colombiana* 22.1, 18-22. Online: <https://bit.ly/3CPANjC>.
- Chen, Z. y col. (2018). «Functional dissection and transport mechanism of magnesium in plants». En: *Seminars in Cell & Developmental Biology* 74, 142-152. Online: <https://bit.ly/3tEIVjC>.
- Climate-data.org (2019). «Datos climáticos». Consulta: febrero 2019. Online: <https://bit.ly/37ZnIWN>.
- Cobeña, N. y col. (2020). *Nutrición vegetal. Exportación y eficiencia del uso de nutrientes en plátano*. Ed. por Sánchez. A. Ciencias. Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L.
- Dobermann, A. (2007). «Fertiliser best management practices». En: IFA International Workshop. Cap. Nutrient use efficiency. Measurement and management, pág. 9.
- FAOSTAT (2018). *Food and Agriculture Data*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Online: <https://bit.ly/3905On5>.
- Granssee, A. y H. Führs (2013). «Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions». En: *Plant and Soil* 368.1, 5-21. Online: <https://bit.ly/3AEBCcQ>.

- Grzebisz, W. (2011). «Magnesium-food and human health». En: *Journal of Elementology* 16.2, 299-323. Online: <https://bit.ly/3A8h8JV>.
- Guo, W. y col. (2016). «Magnesium deficiency in plants: An urgent realistic problem». En: *The Crop Journal* 4.2, 83-91. Online: <https://bit.ly/37R0wtn>.
- He, H. y col. (2020). «Changes of plant biomass partitioning, tissue nutrients and carbohydrates status in magnesium-deficient banana seedlings and remedy potential by foliar application of magnesium». En: *Scientia Horticulturae* 268, 109377. Online: <https://bit.ly/3skQ8Uv>.
- Hermans, C. y col. (2013). «An update on magnesium homeostasis mechanisms in plants». En: *Metallomics* 5.9, 1170-1183. Online: <https://bit.ly/3z1190M>.
- Herrera, J. y L. Aristizábal (2003). «Dinámica del crecimiento y desarrollo foliar en híbridos y cultivares de plátano». En: *Boletín Fitotecnia* 76, 1-2. Online: <https://bit.ly/3yR8mz5>.
- INEC (2020). «Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2019». Online: <https://bit.ly/3g0L3f1>.
- Jaramillo, G.C. y L.M. Aristizábal (2004). «Análisis del crecimiento en plátano Dominic Hartón.» En: *Boletín FITOTECNIA* 94, pág. 2.
- Karley, A. y P. White (2009). «Moving cationic minerals to edible tissues: potassium, magnesium, calcium». En: *Current Opinion in Plant Biology* 12.3, 291-298. Online: <https://bit.ly/2XvEhrh>.
- Maguire, M. y J. Cowan (2002). «Magnesium chemistry and biochemistry». En: *Biometals* 15.3, 203-210. Online: <https://bit.ly/3xOpcNO>.
- Martínez, A. (1984). «Determinación del área mínima foliar en plátano en el trópico húmedo.» En: *Revista ICA* 19.2, 183-187. Online: <https://bit.ly/2Uqkdp6>.
- Martínez, A. y D. Cayón (2011). «Dinámica del crecimiento y desarrollo del banano (Musa AAA Simmonds cvs. Gran Enano y Valery)». En: *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 64.2, 6055-6064. Online: <https://bit.ly/3tAg1jG>.
- Molero, M. y col. (2008). «Determinación de los niveles de: K, P, N, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, y Mn en muestras de suelos y tejido foliar del cultivo Musa AAB, subgrupo plátano cv. Hartón'». En: *Producción Agropecuaria* 1.1, 3-6. Online: <https://bit.ly/3xQhvqD>.
- OEC (2017). «The Observatory of Economic Complexity». Online: <https://bit.ly/3AHHHp2>.
- Pinchao, L. (2018). «Niveles de fertilización en la morfo-fisiología, producción y calidad del plátano 'Barraganete' (Musa paradisiaca AAB)». Tesis de grado. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Ramos, D. y col. (2016). «Plantain crop response to different soil and Bocashi proportions complemented with mineral fertilizer at plant nursery stage». En: *Cultivos Tropicales* 37.2, 165-174. Online: <https://bit.ly/3nyjKSD>.
- Senbayram, M. y col. (2015). «Role of magnesium fertilisers in agriculture: plant-soil continuum». En: *Crop and Pasture Science* 66.12, 1219-1229. Online: <https://bit.ly/2VXaBCm>.
- Statistical Analysis System (2020). *SAS STUDIO user's guide: Statistics. Versión 15.1*. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA. Online: <https://bit.ly/394SZIh>.
- Tumbaco, A. y col. (2015). *Manual del cultivo de plátano de exportación*. Online: <https://bit.ly/3iKY26i>. Grupo de investigación en cultivos tropicales.
- Verbruggen, N. y C. Hermans (2013). «Physiological and molecular responses to magnesium nutritional imbalance in plants». En: *Plant and Soil* 368.1, 87-99. Online: <https://bit.ly/2VU04YL>.
- White, P. (2012). «Marschner's mineral nutrition of higher plants». En: Elsevier. Cap. Ion uptake mechanisms of individual cells and roots: short-distance transport, págs. 7-47.
- White, P. y M. Broadley (2009). «Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets-iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine». En: *New Phytologist* 182.1, 49-84. Online: <https://bit.ly/3k186Zw>.



# PRIMER ESTUDIO DE DOS ESPECIES DE *ASPERGILLUS* AISLADAS DE BOSQUES DE MANGLAR EN ECUADOR

## FIRST REPORT OF TWO *ASPERGILLUS* SPECIES ISOLATED FROM MANGROVE FOREST IN ECUADOR

Katheryn Sacheri-Viteri<sup>1</sup> , Juan Fernández-Cadena<sup>2</sup> , Natalia Molina-Moreira<sup>1</sup> y Derly Andrade-Molina\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería. Universidad Espíritu Santo, Avenida Samborondón, Km 2.5, vía a Samborondón, Ecuador.

<sup>2</sup>Laboratorio de Ciencias Omicas, Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Espíritu Santo, Avenida Samborondón, Km 2.5, vía a Samborondón, Ecuador.

\*Autor para correspondencia: [dmandrademolina@uees.edu.ec](mailto:dmandrademolina@uees.edu.ec)

Manuscrito recibido el 14 de enero de 2020. Aceptado, tras revisión, el 8 de marzo de 2021. Publicado el 1 de marzo de 2022.

### Resumen

Los bosques de manglar están distribuidos en las zonas costeras de las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo, siendo especies tolerantes a altas temperaturas, humedad, mareas y las fluctuaciones salinas. Por lo tanto, se ven expuestos a múltiples fluctuaciones y condiciones ambientales extremas. El ecosistema de manglar no solo es hábitat de vida silvestre, sino que también es colonizado por diversas comunidades de microorganismos, como los hongos. Varios de estos hongos tienen múltiples funciones ecológicas, ya sea saprófitos o patógenos oportunistas. Actualmente el interés de estudiar estos microorganismos radica en su potencial biotecnológico dada su capacidad para tolerar ambientes hostiles. Ejemplo de ello son algunas especies del género *Aspergillus*, las cuales son utilizadas en biomedicina, industrial y la bioremediación. En el presente estudio se aislaron e identificaron de acuerdo con sus características morfológicas y moleculares especies de hongos del género *Aspergillus*. En este estudio se reportan los primeros aislados de *Aspergillus niger* y *Aspergillus aculeatus* de manglares en Ecuador. Investigaciones como ésta resaltan la importancia de determinar el rol de los hongos en el ecosistema de manglar.

**Palabras clave:** Manglar, *Aspergillus niger*, *Aspergillus aculeatus*, caracterización molecular.

### Abstract

Mangroves forests are located in tropical and subtropical regions. The adaptation and distribution in coastal regions is influenced by temperature, humidity, tidal and saline fluctuations; therefore, there are exposed to multiple environmental fluctuations. Mangroves are inhabited by wildlife but also is supported by a diverse community of microorganisms, including fungi. Several fungi in mangroves have multiple ecological roles as saprotrophs or as an

opportunistic pathogen, many of them are also used in the industry, as the genus *Aspergillus*, that are important in biomedicine, industrial and environmental applications. In this study, we isolated species of fungi from mangrove stems and propagules. They were identified by both morphological and by its molecular characteristics. Here, we report the first isolated of *Aspergillus niger* and *Aspergillus aculeatus* from mangroves in Ecuador. Research such as these highlights the importance to determine the role of fungi in the mangrove ecosystem.

**Keywords:** Mangrove, *Aspergillus niger*, *Aspergillus aculeatus*, molecular characterization.

---

Forma sugerida de citar: Sacheri-Viteri, K., Fernández-Cadena, J., Molina-Moreira, N. y Andrade-Molina, D. (2022). Primer estudio de dos especies de *Aspergillus* aisladas de bosques de manglar en Ecuador. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 35(1):20-32. <http://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.02>.

---

IDs Orcid:

Katheryn Sacheri-Viteri: <http://orcid.org/0000-0002-2650-7438>

Juan Fernández-Cadena: <http://orcid.org/0000-0002-0398-8371>

Natalia Molina-Moreira: <http://orcid.org/0000-0002-8197-1137>

Derly Andrade-Molina: <http://orcid.org/0000-0002-2651-5884>

## 1 Introducción

Los bosques de manglar son estuarios situados en regiones tropicales y subtropicales; este ecosistema se caracteriza por su alta tolerancia a la salinidad (Gopal y Chauhan, 2006). La distribución de manglares está fuertemente influenciada por la temperatura, la humedad, las corrientes de agua y las variaciones en el flujo de mareas y vientos; y junto con la alta abundancia y variedad de microorganismos se convierte en un importante ecotono dinámico entre el medio ambiente terrestre y marino (Sridhar, Roy y Sudeheep, 2011). Teniendo en cuenta los microorganismos, los hongos descomponen significativamente la materia orgánica y desempeñan un papel fundamental en la productividad y biodiversidad de este ecosistema (Friggens, Taylor y Koukol, 2017). Los hongos que habitan en los bosques de manglar son saprofitos, simbioses o parásitos, tanto en filamentos como en levadura (Rodríguez y col., 2013). Estos hongos pueden colonizar raíces, tallos y ramas sumergidas en el agua o se pueden encontrar en la superficie del agua (Li y col., 2016). La diversidad de hongos depende del metabolismo ya que en los estratos se asocia con cambios diarios en la salinidad, e inundaciones intermitentes debido a la marea, exposición a la niebla de sal y disponibilidad de sustratos (Hrudayanath, Bikash y Rashmi, 2013).

Las actividades humanas constituyen el principal problema para los manglares; entre las principales actividades humanas están la destrucción de hábitats, la contaminación y la sobreexplotación de los recursos (Díaz, 2011). Muchas ciudades se han asentado cerca de los manglares, por lo que están constantemente expuestos a la contaminación que está formada por actividades antropogénicas y a una variedad de productos químicos, incluyendo metales pesados que se consideran un grave problema para el ecosistema de manglares, ya que se acumulan en la superficie de los sedimentos, aumentando su concentración en la zona (Fernández y col., 2014).

Los géneros más comunes de hongos aislados de los manglares *Rhizophora spp.* son *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Cylindrocephalum*, *Drechslera*, *Fusarium*, *Myrothecium*, *Nigrospora*, *Penicillium*, *Pestalotia*, *Phyllosticta*, *Trichoderma* y *Verticillium* (Sarma, 2012). Sin embargo, pocos es-

tudios describen el papel de estos hongos en el ecosistema de manglares. La mayoría de los hongos identificados en los ecosistemas de manglares son endófitos; estos hongos son muy importantes ya que han sido capaces de producir metabolitos bioactivos para modificar los mecanismos de defensa de su huésped, permitiendo que ambos subsistan en el medio ambiente (Sánchez y col., 2013). Varios hongos (por ejemplo, *Aspergillus*, *Absidia*, *Cunninghamella*, *Mucor* y *Rhizopus*) son capaces de acumular metales pesados en sus compartimentos celulares, ofreciendo una alternativa en biorremediación de áreas contaminadas a bajo costo, en comparación con los métodos tradicionales de descontaminación (Cardoso y col., 2010).

En muchos casos, los bosques de manglares están formados por monocultivos naturales de alta densidad, donde los árboles están constantemente expuestos a patógenos (Ramírez, Serrano y Sandoval, 2006). Sin embargo, los registros fitopatógenos en los ecosistemas de manglares son escasos (Pan y col., 2018). La mayoría de los hongos que colonizan los manglares pertenecen al grupo Ascomycota, y varias especies parasitarias pertenecientes a este grupo pueden producir la muerte de las plantas (Pan y col., 2018). Aunque la relación entre la diversidad fúngica y los manglares no está clara, se sabe que los hongos marinos son responsables de la descomposición de la madera de manglar en las especies más comunes, incluyendo *Rhizophora* y han sido descritos como una biomasa digerible más eficiente que las bacterias (Steinke y Jones, 1993; Kathiresan y col., 2011). El género *Fungus Trichoderma* y *Traustreochystrids* son saprofitas eficientes debido a la actividad enzimática, y es un microorganismo potencial a la celulosa degradada, almidón, lípidos, proteínas y lignina; mientras que *Thichosporon*, *Fusarium* y *Aspergillus* presentaron la actividad máxima de celulasa y proteasa en las hojas de manglares (Kathiresan y col., 2011).

El *Aspergillus* está ampliamente distribuido en la naturaleza debido a la fácil dispersión de sus conidios y su pequeño tamaño; esto les permite permanecer en el medio ambiente durante un largo tiempo (Abarca, 2000). El género *Aspergillus* es muy interesante pues es muy completo, abarca desde fábricas de células industriales, organismos modelo y patógenos humanos, pues tiene una producción prolífica de metabolitos secundarios bioactivos

(Kjærboelling y col., 2018). Estos hongos son importantes en la descomposición de la materia orgánica y en la defensa del huésped contra microorganismos altamente patógenos (Ramírez, Serrano y Sandoval, 2006). Las aplicaciones de estos hongos son necesarias para mejorar los futuros estudios llevados a cabo en ómicos (Shu-Lei y col., 2020). Este estudio constituye el primer reporte de dos especies de *Aspergillus* aisladas de manglares en Ecuador e identifica sus características moleculares y morfológicas.

## 2 Materiales y Métodos

### 2.1 Área de muestreo y recolección

El Parque Histórico de Guayaquil - PHG (Parque Histórico de Guayaquil) es un remanente de bosque de manglares ubicado en la ciudad de Samborondón, Ecuador. Se identificaron lesiones con síntomas asociados con la presencia de hongos en las ramas, posteriormente se recolectaron y se almacenaron en bolsas herméticas para su posterior análisis.

### 2.2 Caracterización morfológica de las muestras de hongos

La caracterización morfológica se realizó en cultivos con evidente estructura reproductiva o en cepas con más de 20 días de tiempo de cultivo. El micelio se separó usando cinta adhesiva y se colocó en una lámina con una gota de lactofenol, y luego se selló con un cubreobjetos. La visualización de las estructuras se realizó en un microscopio óptico Nikon Eclipse E100 con una cámara digital integrada. Para determinar la afiliación taxonómica, se utilizaron tanto la base de datos del micobanco (<http://mycobank.org>) como las claves taxonómicas (Hoog y col., 2001).

### 2.3 Aislamiento y purificación de los hongos

El material vegetal se desinfectó con un 1% de hipoclorito de sodio con lavados repetidos usando agua estéril. Posteriormente se cortaron fragmentos con un bisturí estéril y se depositaron en medios de cultivo ASD (Sabouraud Dextrosa Agar, OXOID), complementados con 15  $\mu\text{g}/\text{ml}$  de cloranfenicol para el

aislamiento y la diferenciación de los hongos. Las placas de cultivo se incubaron a temperatura ambiente y en completa oscuridad hasta que se observó el crecimiento micelar. Este proceso se repitió hasta que se obtuvieron aislados puros. Las muestras previamente aisladas fueron inoculadas en 150 ml de medio de cultivo líquido PW (peptona agua, CRITERIO y caldo nutritivo) complementadas con 15  $\text{ng}/\text{ml}$  de cloranfenicol e incubadas durante 15 a 20 días hasta que apareció la biomasa. El micelio se filtró utilizando unidades de filtración estériles, y la biomasa se secó a 42 °C durante dos días y se almacenó a -80 °C hasta su posterior análisis.

### 2.4 Extracción de ADN

El material fúngico fue incubado con lisozima (10  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) a 37 °C durante dos horas. La extracción de ADN se realizó utilizando los kits de aislamiento de ADN del suelo (QIAGEN, Carlsbad, EE.UU.) con las siguientes modificaciones: Los hongos se secaron previamente y congelaron a -80 °C y luego se transfirieron a los tubos de Powerbead, este material fue mezclado por vórtice durante tres minutos. Posteriormente, se añadieron 60  $\mu\text{L}$  de tampón C1 y se realizó un vórtice durante otros tres minutos, luego se añadieron 20  $\mu\text{L}$  de proteinasa K y se mezclaron con vórtice durante 1 minuto. La mezcla se centrifugó a 8.000 rpm 1 minuto, el sobrenadante se rescató en un nuevo tubo de eppendorf y se añadieron 250  $\mu\text{L}$  de tampón C2, luego se mezcló nuevamente durante 5 segundos y se incubó a -20 °C durante 5 minutos. Las muestras se centrifugaron a temperatura ambiente a 8.000 rpm durante 1 minuto y el sobrenadante se transfirió a un nuevo tubo, posteriormente, se añadieron 200  $\mu\text{L}$  de solución C3, se agitaron durante 1 minuto e incubaron a -20 °C durante 5 minutos.

Para el aislamiento del ADN, las muestras se centrifugaron a 8.000 rpm durante 1 minuto y el sobrenadante se transfirió a un nuevo tubo con 1 ml de solución C4. La mezcla se centrifugó a 8.000 rpm durante 1 minuto, luego se añadieron 500  $\mu\text{L}$  de solución C5 y se centrifugaron a 8.000 rpm durante 1 minuto. Para eluir el DBA, se añadieron 100  $\mu\text{L}$  de agua ultrapura al centro de la columna, se centrifugó a 13.000 rpm durante 1 minuto y se almacenó a -20 °C hasta su posterior uso. La integridad del ADN se evaluó mediante electroforesis de gel de agarosa al 1% en tampón TAE 1X (Tris, Acetato,

EDTA) complementado con un núcleo verde SyBR (Invitrogen), comparando la intensidad y la banda del peso molecular del ADN con 100 bp (Tracklit - Invitrogen). Las condiciones de electroforesis se realizaron a 100 voltios y 35 miliamperios.

## 2.5 Amplificación de las regiones ITS-1 e ITS-2 por reacción en cadena de polimerasa (PCR)

Después de la extracción del ADN, se identificaron los hongos a nivel de género o especie a partir de la amplificación de las regiones intergénicas de rADN utilizando ITS-1 (TCCGTAGGTGAACCTGCGG) y primers universales ITS-4 (TCCTCCGCTTATTGATATGC) (White y col., 1990). Las condiciones de PCR se realizaron en un volumen final de 30  $\mu$ L con una concentración final de 2.5 mM MgCl<sub>2</sub>; 2  $\mu$ M primers; 2 U taq pol y tampón 1X PCR. El programa incluye desnaturalización a 95 °C durante 5 minutos, seguido de 35 ciclos de 94 °C durante 59 segundos, 50 °C por segundos y extensión a 72 °C durante 1 minuto, con una extensión final de 72 °C durante 10 minutos.

## 2.6 Análisis de secuencias

Los amplificadores purificados se secuenciaron en Macrogen (Corea del Sur) y se editaron en Geneious Prime Software (versión 2019.1), con el fin de obtener una secuencia. La afiliación taxonómica se llevó a cabo usando el algoritmo de alineación BLAST (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>). De igual forma, el análisis filogenético se reforzó utilizando el algoritmo Clustal W y Geneious Prime Software. Se generó un árbol por Neighbor Join (Saitou y Nei, 1987) y se utilizó el modelo a distancia de Kimura (Kimura, 1983) usando el software MEGA 7, con un bootstrap de 1000 repeticiones y eliminando información faltante. Los resultados se muestran usando iTOL (Letunic y Bork, 2016). Las secuencias ITS relacionadas con *Aspergillus* y registradas en la base de datos NCBI, utilizada en esta investigación, se presentan en la Tabla complementaria 1A. El teleomorfo de *Aspergillus* sp. utilizado en este estudio fue *Emiricella nidulans* (HQ026740.1), la resolución de los árboles se optimizó usando *Aspergillus elegans* (NR077196.1 y MH992144.1), y el grupo alternativo

fue *Saccharomyces cerevisiae* (MG775707.1).

## 3 Resultados

Dentro de los sustratos recogidos en el presente estudio se analizaron lesiones supuestamente causadas por hongos (Figura 1). De esta planta, se aislaron y se purificaron desde las ramas cinco cepas de hongos y una cepa aislada de los propágulos (Tabla 1), y en el momento de crecer en el medio de cultivo sólido, se formó un micelio blanco y más tarde se volvió negro o gris, con un micelio hundido (Figura 2 a-f). Al observar las características microscópicas, se determinó que estos aislados tienen una hifa lisa, con vesículas esféricas cubiertas por filias y conidios esféricos (Figura 2 h-l). Teniendo en cuenta las características macro y microscópicas, la clasificación clásica se realizó mediante el uso de claves taxonómicas (Hoog y col., 2001) y la base de datos Mycobank (<http://mycobank.org>). Como resultado, estos hongos pertenecen al género *Aspergillus* pero por el análisis ITS, los KCR3.2, KCR4.1sp y KCR15.1 corresponden a *Aspergillus niger*, mientras que los KCR4.1.1., KCR7.2.1. y KCR14 están relacionados con *Aspergillus aculeatus*.

De todas las 90 secuencias de nucleótidos, se utilizaron 438 posiciones en la región ITS en el análisis filogenético. A primera vista, todas las especies analizadas en este estudio pertenecen a la sección Nigri (Gams y col., 1986). El análisis es compatible con un Bootstrap con 1000 repeticiones y por el algoritmo "Neighbor Joining". El árbol muestra clados bien diferenciados y desarrollados entre especies de hongos en los grupos *A. niger* y *A. tubingensis* y entre *A. aculeatus* y *A. japonicus* (Figura 3). El dendrograma muestra que tanto *A. niger* como *A. tubingensis* serían la misma especie, esto también se observa entre *A. aculeatus* y *A. japonicus*.

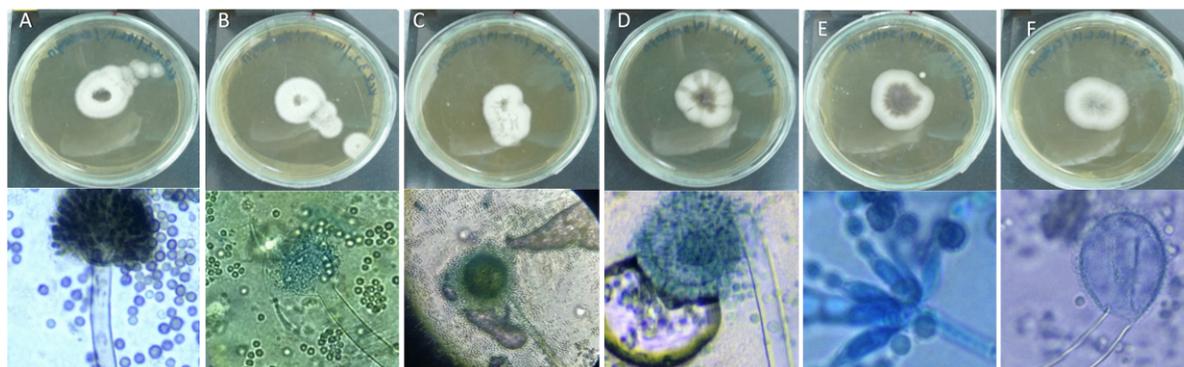
Como se muestra en la Tabla 2, *A. niger* y *A. tubingensis* son similares en 89.6% en la alineación más grande con el tamaño 3 626 085 bp, y la similitud entre *A. aculeatus* y *A. japonicus* es de 90.9% con la alineación más grande de 3 727 362 bp. Esto demuestra que están muy cerca el uno del otro, pero también difieren con los miembros de otros clados (es decir, *A. niger* y *A. japonicus* son similares en un 78.3%).



**Figura 1.** Lesiones asociadas con la presencia de hongos en tallos de manglares.

**Tabla 1.** Caracterización molecular del hongo aislado de ramas y propágulos de manglares

Muestra	Cepa	Caracterización Molecular					
		Descripción	Máx. Total	Total	Covertura búsqueda (%)	Per. Ident (%)	Valor E
Tallos	KCR3.2	<i>Aspergillus niger</i>	1064	1224	100	99.83	0.0
	KCR4.1sp	<i>Aspergillus niger</i>	1048	1208	100	99.82	0.0
	KCR15.1	<i>Aspergillus niger</i>	1027	1178	100	99.82	0.0
	KCR4.1.1	<i>Aspergillus aculeatus</i>	874	874	100	100	0.0
	KCR14	<i>Aspergillus aculeatus</i>	946	946	83	99.81	0.0
Propágulo	KCR7.2.1	<i>Aspergillus aculeatus</i>	1031	1031	100	100	0.0



**Figura 2.** Características morfológicas de cepas fúngicas aisladas de manglares. (A-F) las mejores imágenes muestran el crecimiento micelar en el medio de cultivo sólido. A (KCR aislado 15.1); B (asylum KCR 3.2); C (KCR aislado 4.1 SP); D (KCR aislado 4.1.1); E (KCR 14 aislado); F (KCR aislado 7.2.1); en la imagen inferior se muestran las estructuras microscópicas de aislados de hongos de manglares.

A primera vista, se puede ver filogenéticamente que la región ITS no funciona bien en la resolución de grupos de hongos. Para obtener resultados satisfactorios, es necesario complementar estos análisis con la identificación morfológica y, en este caso, realizar una comparación entre genomas.

## 4 Discusión

En Ecuador, este estudio resulta de gran importancia pues sirve como una base del enfoque de microbioma en la identificación de hongos en los manglares. Se identificaron y purificaron dos especies de *Aspergillus*, *A. niger* y *A. aculeatus*, que habían

sido reportadas en otros bosques de manglares en Malasia, México, China e Indonesia (Sathiya y col., 2009; Deng y col., 2013; Li y col., 2017; Lumbreras-Martínez y col., 2018; Prihanto, Caisariyo y Pradarameswari, 2019). A pesar de que los hongos están ampliamente distribuidos en los árboles de los manglares, algunos de ellos cumplen con funciones ecológicas y fisiológicas para aumentar la tolerancia a las condiciones de estrés biótico y abiótico (Shu-Lei y col., 2020). Los estudios sobre la diversidad de hongos en manglares se centran principalmente en

hongos cultivables, pero son muy escasos los que estudian los hongos nativos no cultivables.

Tradicionalmente, la identificación, taxonomía y clasificación de *Aspergillus* se había concentrado a las características morfológicas (Patki, Singh y Mehta, 2015). Sin embargo, la clasificación taxonómica basada en la caracterización molecular se convirtió en herramienta esencial, pues permite distinguir las características filogenéticas (Samson y col., 2014).

**Tabla 2.** Comparación del genoma utilizando el algoritmo LASTZ: Los valores porcentuales son la identidad emparejada entre dos conjuntos de genomas, el valor numérico es la secuencia más grande que se compara en dos grupos de genomas.

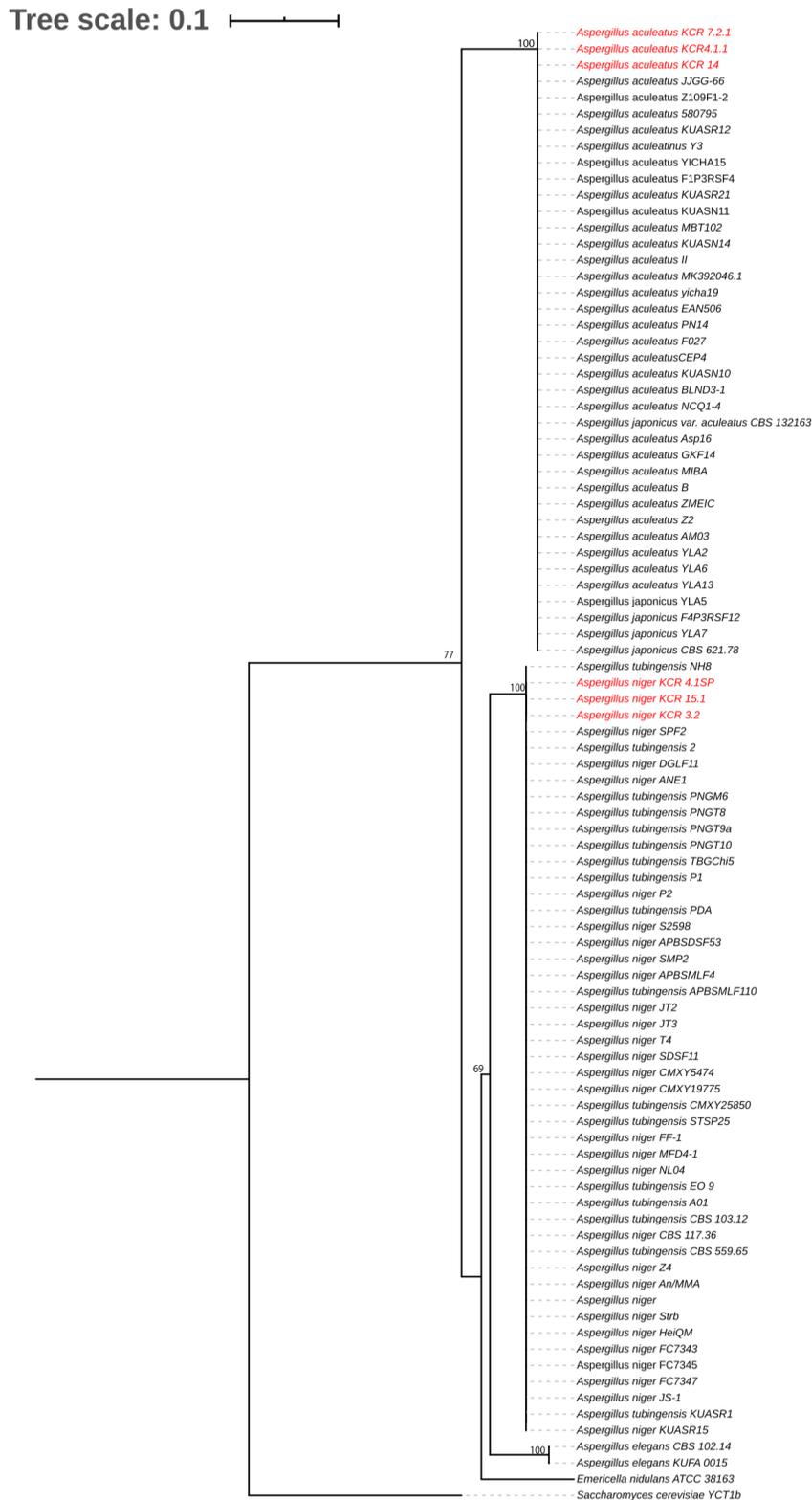
	<i>A. niger</i>	<i>A. tubingensis</i>	<i>A. aculeatus</i>	<i>A. japonicus</i>
<i>A. niger</i>	xxx	89.6%	78.3%	78.3%
<i>A. tubingensis</i>	3 626 085	xxx	78.2%	78.4%
<i>A. aculeatus</i>	3 727 362	4 803 603	xxx	90.9%
<i>A. japonicus</i>	1 444 553	4 803 603	3 727 362	xxx

Un trabajo publicado anteriormente sobre la relación filogenética de *Aspergillus* indicó que, aunque la amplificación de las regiones ITS fue aceptada como código de ADN para hongos en general (Conrad y col., 2012), el análisis filogenético no fue resolutivo para distinguir los clados uniseriados en la sección Nigri, especialmente al agregar las secuencias de *A. niger*, lo que podría conducir a una identificación errónea de las especies (Abarca, 2000; Perrone y col., 2008). Nuestros resultados son consistentes con muchas de las investigaciones. Las especies *A. aculeatus* y *A. japonicus* fueron filogenéticamente similares, al igual que *A. niger* y *A. tubingensis*. Esto también explica las pequeñas diferencias entre algunas especies pertenecientes a la sección Nigri, la especie *A. niger sensu stricto*, *A. tubingensis*, *A. foetidus*, y *A. brasiliensis* son morfológicamente idénticas y en conjunto se han llamado *A. niger* (Muniqué y col., 2009). Esto también coincide con lo reportado por Yokoyama y col. (2001) quienes describen que la mayoría de las especies de la sección Nigri son morfológicamente similares y la identificación molecular por mtADN y rADN ha sido confusa.

Las técnicas moleculares resueltas básicas como RFLP, AFLP, PFGE o la secuenciación de próxima generación - NGS mejorarían significativamente

el conocimiento y la comprensión de este hongo (Leong y col., 2006; Perrone y col., 2008; Quainoo y col., 2017). De igual forma, la comparación del genoma ofrece la mejor resolución para determinar los porcentajes de similitud entre las secuencias (Quainoo y col., 2017). En este estudio realizamos la comparación de similitud genética para determinar la diversidad genética entre *A. niger*, *A. fumigatus* y entre *A. aculeatus* y *A. japonicus*. Los resultados mostraron una alta similitud con una identidad media de nucleótidos (ANI) de aproximadamente el 90% de la especie analizada (Tabla 2). Estos resultados se pueden utilizar para explicar muchos aspectos, como el linaje de fondo de la cepa que muestra que este enfoque es altamente útil para los nuevos genetistas fúngicos.

Se ha demostrado que *Aspergillus* sp. está ampliamente distribuido en el medio ambiente, y es considerado como uno de los fitopatógenos más frecuentes, ya que su capacidad para producir toxinas altera el metabolismo de las plantas (Pavón y col., 2012). Algunos de estos hongos colonizan las raíces, facilitando su crecimiento y mejorando la calidad del pasto. Otras características son la solubilización del fósforo, la tolerancia del halo, y la acentuación del estrés salino a las plantas (Li y col., 2017).



**Figura 3.** Análisis filogenético de hongos del género *Aspergillus* aislado del material vegetal de manglares. Las secuencias se alinearon por Clustal W. El análisis se realizó con un soporte de iteraciones Bootstrap 1000 y utilizando el algoritmo “neighbor joining” con el método 2-parámetros de Kimura. El teleomorfo de *Aspergillus* corresponde a *Emircella nidulans* (HQ026740.1) al alternativo *Saccharomyces cerevisiae* (MG775707.1) y a las dos especies de *Aspergillus elegans* (NR 077196.1, MH992144.1).

*Aspergillus* se caracteriza por producir micotoxinas y metabolitos secundarios que son importantes en la degradación de la materia orgánica y sirven como mecanismos de defensa hacia otros microorganismos (Pavón y col., 2012).

La importancia de este estudio también se basa en la capacidad biotecnológica que puede ofrecer el ecosistema de manglares y su componente microbiano. Una de estas se refiere a las características fisiológicas que los hongos presentan con la producción de proteínas específicas, por ejemplo, los metabolitos para inhibir el crecimiento celular de otros microorganismos en un entorno de alta salinidad (Nicoletti, Salvatore y Andolfi, 2018). También se ha demostrado que algunos *Aspergillus* sp. ayudan en los procesos de biorremediación de entornos contaminados por metales pesados, degradación de la celulosa extracelular y hemicelulosa (Marretero, Amores y Coto, 2012; Huachi, Macas y Méndez, 2014; Araujo y col., 2016).

*A. niger* se ha utilizado ampliamente para obtener enzimas tales como:  $\alpha$ -amilasa, catalasa, celulasas, hemicelulasas, lipasa y ácidos orgánicos que podrían ser una alternativa para reemplazar los petroquímicos (Patki, Singh y Mehta, 2015; Ameen y col., 2016; Wang y col., 2016; Morthensen y col., 2017; Wang y col., 2019; Nascimento y col., 2019; Hossain y col., 2016). También se utiliza para los procesos de producción de ácido cítrico que se llevan a cabo por estado sólido, fermentación sumergida y superficial (López y col., 2006). *A. niger*, que se empezó a usar en la industria de la fermentación bioquímica y en la biotecnología industrial, produce una amplia gama de proteínas, enzimas y segundos metabolitos (Cairns, Nai y Meyer, 2018).

La importancia de *A. niger* para el medio ambiente se basa en su capacidad para bioacumular metales tóxicos (plomo, cadmio, cobre y cromo) (Rivera y col., 2015). Varios estudios han demostrado que *A. niger* tiene mayor capacidad para eliminar compuestos fenólicos, aceite de suelos contaminados y metales pesados, que el carbón activo granular, utilizado en varios ciclos de biosorción (Araujo y col., 2016; Marzan y col., 2017; Villalba, Cruz y Azuara, 2018). (Ghyadh, Al e Ibrahim, 2019) señaló que el hongo *Aspergillus niger* mostró en un 100% la mayor eficiencia en la reducción de las concentraciones de elementos pesados.

*Aspergillus aculeatus* mostró una alta resistencia a la toxicidad del cadmio (CD), protegió el fotosistema II contra el estrés de CD y aumentó la eficiencia del proceso de fotosíntesis en el césped inglés perenne. Estos resultados sugieren que *A. aculeatus* podría ser útil para pretratar suelos contaminados con CD (Han y col., 2018). También tiene un efecto importante en la atenuación del estrés salino ya que produce ácido indole-3-acético y sideróforos que confieren tolerancia de estrés salino a las plantas (Li y col., 2017).

La investigación sobre la capacidad metabólica de *A. niger* y *A. aculeatus* y su interacción con iones metálicos son limitadas (Emri y col., 2018). Aunque existen estudios sobre diferentes especies de *Aspergillus* en manglares, los informes sobre *niger* y *aculeatus* son escasos o nulos. Además, la mayoría de los estudios se centran en el potencial biotecnológico y biorremedial. Las especies de *Aspergillus* reducen las altas concentraciones de metales pesados, pero también producen un gran número de micotoxinas y metabolismo secundario, y pueden ser capaces de producir una gran parte de compuestos bioactivos que se utilizan en la industria farmacéutica (Frisvad y col., 2018; Shu-Lei y col., 2020). Se necesitan llevar a cabo más investigaciones sobre las especies de *Aspergillus* y sus aplicaciones para producir diferentes metabolitos secundarios bioactivos.

Los estudios exploratorios como los realizados en este trabajo permiten obtener nueva información sobre la participación de hongos en los ecosistemas de manglares, además de evaluar sus posibles roles como protectores para sus huéspedes o determinar si se trata de hongos patógenos que causan deterioro y descomposición de la madera en los manglares. Brevemente, este estudio se centró en el hongo endofítico, convirtiéndolo en un candidato potencial para futuras investigaciones. Por lo tanto, la diversidad de hongos en los ecosistemas de manglares es necesaria a partir de la secuenciación de genomas, ya que puede representar una estrategia útil para encontrar nuevas vías metabólicas y, posteriormente, nuevos compuestos y enzimas bioactivas.

## 5 Conclusiones

En este estudio reportamos la caracterización molecular y morfológica del hongo aislado de manglares pertenecientes al clado Nigri, el *Aspergillus niger* y el *Aspergillus aculeatus*. Este trabajo es un esfuerzo para entender la distribución de especies de hongos y destacar la importancia de determinar el papel del hongo en el ecosistema de manglares.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero brindado por el Centro de Investigaciones (CIN), Universidad Espíritu Santo, a los proyectos registrados bajo el número 2018MED001 y 2018ART006.

## Referencias

- Abarca, M. (2000). «Taxonomía e identificación de especies implicadas en la aspergilosis nosocomial». En: *Rev Iberoam Micol* 17.3, S79-S84. Online: <https://bit.ly/34C1Uyz>.
- Ameen, F. y col. (2016). «Biodegradation of diesel fuel hydrocarbons by mangrove fungi from Red Sea Coast of Saudi Arabia». En: *Saudi journal of biological sciences* 23.2, 211-218. Online: <https://bit.ly/3uJAAZT>.
- Araujo, J. y col. (2016). «Microanálisis de una cepa de *Aspergillus niger* biocatalizadora de hidrocarburos policíclicos aromáticos HPA». En: *Acta Microscopica* 25.2, 98-110. Online: <https://bit.ly/3uFJRcb>.
- Cairns, T., C. Nai y V. Meyer (2018). «How a fungus shapes biotechnology: 100 years of *Aspergillus niger* research». En: *Fungal biology and biotechnology* 5.1, 1-14. Online: <https://bit.ly/3pdzowx>.
- Cardoso, A. y col. (2010). «Microorganisms in Industry and Environment». En: *Scientific e Industrial Research to Consumer Products*. Cap. Influence of the heavy metals on chitosan production by *Absidia corymbifera* UCP 0134, 176-180. Online: <https://bit.ly/2TBgTGQ>.
- Conrad, S. y col. (2012). «Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi». En: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109.16, págs. 6241-6246.
- Deng, C. M. y col. (2013). «Secondary metabolites of a mangrove endophytic fungus *Aspergillus terreus* (No. GX7-3B) from the South China Sea». En: *Marine Drugs* 7.11, 2616-2624. Online: <https://bit.ly/3izeia1>.
- Díaz, M. (2011). «Una revisión sobre los manglares: características, problemáticas y su marco jurídico. Importancia de los manglares, el daño de los efectos antropogénicos y su marco jurídico: caso sistema lagunar de Topolobampo». En: *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible* 7.3, 355-369. Online: <https://bit.ly/3wVdrFv>.
- Emri, T. y col. (2018). «Duplications and losses of genes encoding known elements of the stress defence system of the *Aspergilli* contribute to the evolution of these filamentous fungi but do not directly influence their environmental stress tolerance». En: *Studies in mycology* 91, 23-36. Online: <https://bit.ly/3fUMric>.
- Fernández, J. y col. (2014). «Heavy metal concentration in mangrove surface sediments from the north-west coast of South America». En: *Marine pollution bulletin* 82.1-2, 221-226. Online: <https://bit.ly/3fGWcSj>.
- Friggens, N., J. Taylor y O. Koukol (2017). «Diversity and community composition of aquatic ascomycetes varies between freshwater, estuarine and marine habitats in western Scotland». En: *Mycosphere* 8.9, 1267-1287. Online: <https://bit.ly/3pa1FnM>.
- Frisvad, J. y col. (2018). «Safety of the fungal workhorses of industrial biotechnology: update on the mycotoxin and secondary metabolite potential of *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, and *Trichoderma reesei*». En: *Applied Microbiology and Biotechnology* 102.22, 9481-9515. Online: <https://bit.ly/3fEbnvF>.
- Gams, W. y col. (1986). «Advances in Penicillium and Aspergillus systematics». En: Plenum Press. Cap. Infrageneric taxa of *Aspergillus*, 55-62. Online: <https://bit.ly/3yNZXwO>.
- Ghyadh, B., A. Al y Z. Ibrahim (2019). «Biotechnology of wastewater treatment with fungi (*Aspergillus niger* and *Rhizopus oligosporium*)». En: *Plant Archives* 19.2, 1546-1549. Online: <https://bit.ly/2RfcM2o>.
- Gopal, B. y M. Chauhan (2006). «Biodiversity and its conservation in the Sundarban Mangrove Ecosystem». En: *Aquatic Sciences* 68.3, 338-354. Online: <https://bit.ly/3A20EmU>.

- Han, S. y col. (2018). «Cadmium tolerance of perennial ryegrass induced by *Aspergillus aculeatus*». En: *Frontiers in microbiology* 9, 1579. Online: <https://bit.ly/3g3RrRW>.
- Hoog, G. de y col. (2001). *Atlas of clinical fungi*. Central bureau voor Schimmelcultures.
- Hossain, A. y col. (2016). «Rewiring a secondary metabolite pathway towards itaconic acid production in *Aspergillus niger*». En: *Microbial cell factories* 15.1, 1-15. Online: <https://bit.ly/3g5YUzV>.
- Hrudayanath, T., C. B. Bikash y R. M. Rashmi (2013). «Ecological role and biotechnological potential of mangrove fungi: a review». En: *Mycology* 4, págs. 54-71.
- Huachi, L., Á. Macas y G. Méndez (2014). «Biodegradación de los fenoles presentes en el extracto de guarango (*Caesalpinia spinosa*) y en los colorantes indigo carmín, naranja II y rojo fenol a través de *Trametes versicolor* y *Aspergillus niger*». En: *La Granja* 20.2, 29-35. Online: <https://bit.ly/2RToFvj>.
- Kathiresan, K. y col. (2011). «Microbial enzyme activity in decomposing leaves of mangroves». En: *International Journal of Advanced Biotechnology and Research* 2.3, 382-389. Online: <https://bit.ly/3zX1Fg9>.
- Kimura, M. (1983). *The neutral theory of molecular evolution*. Cambridge University Press.
- Kjærboelling, I. y col. (2018). «Linking secondary metabolites to gene clusters through genome sequencing of six diverse *Aspergillus* species». En: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115.4, E753-E761. Online: <https://bit.ly/3p8GwdO>.
- Leong, K. y col. (2006). «The use of text messaging to improve attendance in primary care: a randomized controlled trial». En: *Family practice* 23.6, 699-705. Online: <https://bit.ly/3cymxjN>.
- Letunic, I. y P. Bork (2016). «Interactive tree of life (iTOL) v3: an online tool for the display and annotation of phylogenetic and other trees». En: *Nucleic acids research* 44.W1, W242-W245. Online: <https://bit.ly/3wVSVEq>.
- Li, J. y col. (2016). «Community structure of endophytic fungi of four mangrove species in Southern China». En: *Mycology* 7.4, 180-190. Online: <https://bit.ly/3ieRHQF>.
- Li, X. y col. (2017). «The fungus *Aspergillus aculeatus* enhances salt-stress tolerance, metabolite accumulation, and improves forage quality in perennial ryegrass». En: *Frontiers in microbiology* 8, 1664. Online: <https://bit.ly/3g8VP1P>.
- López, C. y col. (2006). «Producción de ácido cítrico con *Aspergillus niger* NRRL 2270 a partir de suero de leche». En: *Dyna* 73.150, 39-57. Online: <https://bit.ly/34CxQ5R>.
- Lumbreras-Martínez, H. y col. (2018). «Bioprospecting of fungi with antiproliferative activity from the mangrove sediment of the Tampamachoco coastal lagoon, Veracruz, Mexico». En: *Scientia fungorum* 48, págs. 53-60.
- Marrero, J., I. Amores y O. Coto (2012). «Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental». En: *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* 46.3, 52-61. Online: <https://bit.ly/3g61uGa>.
- Marzan, L. y col. (2017). «Isolation and biochemical characterization of heavy-metal resistant bacteria from tannery effluent in Chittagong city, Bangladesh: Bioremediation viewpoint». En: *The Egyptian Journal of Aquatic Research* 43.1, 65-74. Online: <https://bit.ly/3icuG0M>.
- Morthensen, S. y col. (2017). «Significance of membrane bioreactor design on the biocatalytic performance of glucose oxidase and catalase: Free vs. immobilized enzyme systems». En: *Biochemical Engineering Journal* 117, 41-47. Online: <https://bit.ly/3g5xFoZ>.
- Munique, L. y col. (2009). «Genetic relationships among strains of the *Aspergillus niger* aggregate». En: *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52.52(sep), 241-248. Online: <https://bit.ly/3fZmuyd>.
- Nascimento, P. A. y col. (2019). «Effects of cholinium-based ionic liquids on aspergillus niger lipase: stabilizers or inhibitors». En: *Biotechnology Progress* 5.35, e2838.
- Nicoletti, R., M. Salvatore y A. Andolfi (2018). «Secondary metabolites of mangrove-associated strains of *Talaromyces*». En: *Marine Drugs* 16.1, 12. Online: <https://bit.ly/3vR0RXF>.
- Pan, M. y col. (2018). «*Cytospora piceae* sp. nov. associated with canker disease of *Picea crassifolia* in China». En: *Phytotaxa* 383.2, 181-196. Online: <https://bit.ly/2UKXaFn>.
- Patki, J., S. Singh y S. Mehta (2015). «Partial purification and characterization of phytase from bacteria inhabiting the mangroves of the western coast of India». En: *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci* 4.9, 156-169. Online: <https://bit.ly/2TEfglu>.

- Pavón, M. y col. (2012). «Importancia del género *Alternaria* como productor de micotoxinas y agente causal de enfermedades humanas». En: *Nutrición Hospitalaria* 27.6, 1772-1781. Online: <https://bit.ly/3xTvf48>.
- Perrone, G. y col. (2008). «*Aspergillus* in the genomic era». En: Wageningen Academic Publishers. Cap. *Aspergilli in the biotechnology and agriculture*, págs. 179-2013.
- Prihanto, A. A., I. O. Caisariyo y K. A. Pradarameswari (2019). «*Aspergillus sp.* as a potential producer for L-Asparaginase from mangrove (*Avicennia germinans*)». En: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 230.1, pág. 012101.
- Quainoo, S. y col. (2017). «Whole-genome sequencing of bacterial pathogens: the future of nosocomial outbreak analysis». En: *Clinical microbiology reviews* 30.4, 1015. Online: <https://bit.ly/3pmon5c>.
- Ramírez, Ninfa, José Antonio Serrano y Horacio Sandoval (2006). «Microorganismos extremófilos. Actinomicetos halófilos en México». En: *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* 37.3, págs. 56-71.
- Rivera, E. y col. (2015). «Remoción de Cromo (VI) por una Cepa de *Aspergillus niger* Resistente a Cromato». En: *Información tecnológica* 26.4, 13-20. Online: <https://bit.ly/3jIMtmH>.
- Rodríguez, M. y col. (2013). *Manglares de México/Extensión, distribución y monitoreo*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Online: <https://bit.ly/3fLwo7M>.
- Saitou, N. y M. Nei (1987). «The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees.» En: *Molecular biology and evolution* 4.4, 406-425. Online: <https://bit.ly/3zZs6S9>.
- Samson, R. y col. (2014). «Phylogeny, identification and nomenclature of the genus *Aspergillus*». En: *Studies in mycology* 78, 141-173. Online: <https://bit.ly/3fOKCoa>.
- Sánchez, R. y col. (2013). «Hongos endófitos: fuente potencial de metabolitos secundarios bioactivos con utilidad en agricultura y medicina». En: *TIP Revista especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 16.2, 132-146. Online: <https://bit.ly/2Rl5edf>.
- Sarma, V. (2012). «Diversity and distribution of marine fungi on *Rhizophora* spp. in mangroves». En: *Biology of Marine Fungi*, 243-275. Online: <https://bit.ly/3g6LljM>.
- Sathiya, P. y col. (2009). «Optimization of friction welding parameters using evolutionary computational techniques». En: *Journal of materials processing technology* 209.5, 2576-2584. Online: <https://bit.ly/2Rp2QU6>.
- Shu-Lei, J. y col. (2020). «Fungi in mangrove ecosystems and their potential applications». En: *Critical Reviews in Biotechnology* 40.6, 852-864. Online: <https://bit.ly/3g6VvAX>.
- Sridhar, K., S. Roy y N. Sudeheep (2011). «Assemblage and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in mangrove plant species of the southwest coast of India». En: *Mangroves ecology, biology and taxonomy*, 257-274. Online: <https://bit.ly/3i8UHOm>.
- Steinke, T. y E. Jones (1993). «Marine and mangrove fungi from the Indian Ocean coast of South Africa». En: *South African Journal of Botany* 59.4, 385-390. Online: <https://bit.ly/3A0tUKI>.
- Villalba, A., M. Cruz y G. Azuara (2018). «*Aspergillus niger* Tiegh., isolated in Sonora, Mexico: metal tolerance evaluation». En: *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente* 24.2, 131-146. Online: <https://bit.ly/3xTDVaM>.
- Wang, J. y col. (2019). «Delignification overmatches hemicellulose removal for improving hydrolysis of wheat straw using the enzyme cocktail from *Aspergillus niger*». En: *Bioresource technology* 274, 459-467. Online: <https://bit.ly/34HVjTo>.
- Wang, S. y col. (2016). «Characterization of a starch-hydrolyzing  $\alpha$ -amylase produced by *Aspergillus niger* WLB42 mutated by ethyl methanesulfonate treatment». En: *International journal of biochemistry and molecular biology* 7.1, 1. Online: <https://bit.ly/3yai2nV>.
- White, T.J. y col. (1990). «PCR Protocols: a guide to methods and applications». En: ed. por M.A. Innis y col. New York, USA: Academic Press. Cap. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics, 315-322.
- Yokoyama, K. y col. (2001). «Identification, classification and phylogeny of the *Aspergillus* section Nigri inferred from mitochondrial cytochrome b gene». En: *FEMS Microbiology Letters* 200.2, 241-246. Online: <https://bit.ly/3h7y3nF>.

## Apéndice

**Tabla 1. A:** Lista del número de especies de acceso de GenBank utilizadas en el presente estudio.

Especies	<i>Aspergillus aculeatus</i>	<i>Aspergillus japonicus</i>	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Aspergillus tubingensis</i>
Secuencia ITS por número de ascensión	MK644143.1	LC496497.1	KY082744.1	MN589663.1
	MG548756.1	MK035987.1	KY400582.1	MN239975.1
	MK371746.1	LC496498.1	KY566164.1	KY593521.1
	MN187297.1	MH861173.1	MF379661.1	KY593522.1
	MF564097.1		MG575468.1	KY593523.1
	MK271293.1		MG669185.1	KY593524.1
	MK035984.1		MG675233.1	MF143083.1
	MN187365.1		MG733652.1	MF379660.1
	MN187971.1		MG734750.1	MG279093.1
	MK886612.1		MG734751.1	MG733758.1
	MN187974.1		MG833314.1	MG991653.1
	MK911714.1		MG840739.1	MH045586.1
	MK392046.1		MG991588.1	MH398047.1
	MK418753.1		MG991627.1	MH540151.1
	MK518394.1		MH064151.1	MH854604.1
	MK559536.1		MH109325.1	MH858714.1
	MN088378.1		MH181162.1	MN187071.1
	MN173148.1		MH855726.1	
	MN186997.1		MH892847.1	
	MN396714.1		MK028957.1	
	MN509058.1		MK256745.1	
	MH865976.1		MK372989.1	
	MH656795.1		MK577432.1	
	MK713418.1		MK693450.1	
	MK733917.1		MK693453.1	
	MK788185.1		MK949087.1	
	MH892843.1		MN187307.1	
	MH892845.1			
	MK811100.1			
	LC496490.			
	LC496491.1			
	LC496492.1			



# TRÁFICO NACIONAL DE FAUNA SILVESTRE Y ESPECIES AMENAZADAS: UN ESTUDIO DESCRIPTIVO EN MANABÍ (ECUADOR)

## NATIONAL ILLEGAL WILDLIFE AND THREATENED SPECIES TRAFFICKING: A DESCRIPTIVE STUDY IN MANABÍ (ECUADOR)

Sofía Crespo-Gascón<sup>\*1,2</sup>, Carlos B. Solórzano<sup>3</sup> y José Guerrero-Casado<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Lenguas Modernas. Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Manabí, Ecuador.

<sup>2</sup>Departamento de Zoología, Universidad de Córdoba. Edificio Charles Darwin, Campus de Rabanales, 14071 Córdoba, España.

<sup>3</sup>Departamento de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Manabí, Ecuador.

\*Autor para correspondencia: [scgascon@gmail.com](mailto:scgascon@gmail.com)

Manuscrito recibido el 17 de abril de 2020. Aceptado, tras revisión, el 4 de febrero de 2021. Publicado el 1 de marzo de 2022.

### Resumen

El tráfico ilegal de vida silvestre tiene repercusiones negativas en la conservación de la biodiversidad a nivel global y también local. Por ello, el establecimiento de medidas oportunas de conservación requiere de estudios locales que cuantifiquen dicho problema. El objetivo de este trabajo fue cuantificar y caracterizar las especies de aves y mamíferos incautadas en el periodo 2016-2017, en el Centro de Rescate y Refugio de Vida Silvestre Valle Alto (Manabí, Ecuador). El estudio mostró que 212 ejemplares pertenecientes a 41 especies diferentes fueron confiscados. Se decomisaron más aves que mamíferos y una mayor proporción de aves estaban incluidas en alguna categoría de amenaza a nivel nacional e internacional. Se encontró una clara preferencia por primates, loros y ardillas. Además, la presencia de especies con un rango de distribución fuera del área de estudio reveló la existencia del transporte de especies desde otras zonas del país. Si bien estos datos son solo una muestra de lo que realmente se trafica en el país, dan una aproximación del tipo de especies que se trafican ilegalmente en este hotspot de biodiversidad.

**Palabras clave:** Especies en peligro de extinción, incautaciones, conservación de vida silvestre, tráfico ilegal de fauna silvestre, comercio de vida silvestre.

---

**Abstract**

Illegal wildlife trafficking has negative effects on biodiversity conservation at both global and local scale. Therefore, the establishment of appropriate conservation measures requires local studies that quantify this problem. The aim of this paper is to quantify and characterize the species of birds and mammals in the period 2016-2017, at Valle Alto Wildlife Rescue Center and Wildlife Refuge (Manabí, Ecuador). The study showed that 212 specimens belonging to 41 different species were confiscated. More birds than mammals were confiscated, and a greater proportion of birds were included in a national and international threat category. A clear preference for primates, parrots and squirrels was found. Furthermore, the presence of species with a distribution range outside the study area revealed the existence of the transportation of species from other parts of the country. Although these data are only a sample of what is actually trafficked in the country, they provide an approach of the type of species that are illegally trafficked in this biodiversity hotspot.

**Keywords:** Illegal wildlife trafficking, endangered species, seizures, wildlife conservation, wildlife trade.

---

Forma sugerida de citar: Crespo-Gascón, S., Solórzano, C. y Guerrero-Casado, J. (2022). Tráfico nacional de fauna silvestre y especies amenazadas: Un estudio descriptivo en Manabí (Ecuador). *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 35(1):33-44. <http://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.03>.

---

## IDs Orcid:

Sofía Crespo-Gascón: <https://orcid.org/0000-0001-5180-3442>

Carlos B. Solórzano: <https://orcid.org/0000-0002-4685-7531>

José Guerrero-Casado: <https://orcid.org/0000-0002-2537-3116>

## 1 Introducción

Los daños causados por el comercio ilegal internacional de especies silvestres pueden representar una de las mayores amenazas para la conservación de la biodiversidad (Robinson y Sinovas, 2018). Este problema ha afectado enormemente a América Latina durante muchos años (Mancera y García, 2008). Tanto es así, que en las décadas de 1960 y 1970, la cuenca amazónica fue la principal fuente de extracción de primates para la exportación (Mittermeier, Konstant y Mast, 1994), y en el período 2006-2012, Centroamérica, Suramérica y el Medio Oriente fueron considerados los mayores importadores de aves (comercio legal e ilegal) (Bush, Baker y Macdonald, 2014). Además, un reporte publicado por la CITES acerca de las tendencias a nivel mundial sobre el decomiso de vida silvestre durante el período 2010-2014 muestra que el 32% de las especies confiscadas procedían de poblaciones silvestres de América del Sur (D’Cruze y col., 2018). Por lo tanto, es posible afirmar que América Latina desempeña un papel importante en el comercio legal e ilegal de especies silvestres, y que sus países participan como exportadores e importadores (Bush, Baker y Macdonald, 2014; D’Cruze y col., 2018; Di Minin y col., 2019). Entre los factores que podrían explicar este fenómeno se encuentran la pobreza, la gran biodiversidad de la región y las variables socioculturales (Duffy y col., 2016; Arroyave y col., 2020), siendo la raíz del problema del colonialismo (Sollund y Runhovde, 2020). Por ejemplo, la caza y el comercio ilegal pueden convertirse en una gran fuente de ingresos para financiar los gastos de subsistencia (Duffy y col., 2016; Rodríguez-Ríos y García, 2018).

Aunque hay pocos estudios que caracterizan o aportan información sobre el tráfico de vida silvestre por parte de los países de la región, se sabe que el comercio ilegal a nivel nacional supera el comercio internacional en todos los países (Goyes y Sollund, 2016). Los especímenes involucrados en este tipo de comercio no aparecen en los datos de la CITES, ya que no cruzan por las fronteras, lo que los hace más difíciles de contabilizar. Dado que Ecuador es un país megadiverso (Mittermeier, Gil y Mittermeier, 1997) con una gran desigualdad social y un alto porcentaje de población rural (World Bank, 2020), sufre las consecuencias del tráfico de vida silvestre para el consumo de carne, el comercio y el sustento económico (Sinovas y Price, 2015; Minis-

terio del Ambiente, 2017a). Según datos facilitados por el Ministerio de Ambiente de Ecuador, en el período 2003-2014 se decomisaron un total de 1 526 ejemplares de aves y un total de 1 709 ejemplares de mamíferos a nivel nacional (Ministerio del Ambiente, 2012; Ministerio del Ambiente, 2014; Ministerio del Ambiente, 2015). Por ejemplo, el tráfico de vida silvestre que comenzó a mediados de la década de 1990 en el Parque Nacional Yasuní se triplicó entre 2005 y 2007 debido al aumento de la demanda y la mejora del acceso a lugares remotos (Suarez y col., 2009). Sin embargo, es importante tener en cuenta que el número de animales confiscados representa una proporción baja del número real de animales traficados, ya que no todos los animales traficados son confiscados. Por ejemplo, los decomisos nacionales en Colombia representaron el 1-10% del número total de animales traficados durante el período 1996-2004 (Mancera y García, 2008). A pesar de ser uno de los grandes problemas de conservación (De la Torre, 2012; Tirira, 2013; Cervera y col., 2018), muy pocos estudios caracterizan el comercio ilegal de vida silvestre en el país. El objetivo de este estudio es caracterizar las especies de aves y mamíferos que fueron traficadas en la provincia de Manabí, en la Región Costera de Ecuador durante 2016-2017, en términos de taxonomía, estado de conservación, rango de distribución original y listado del CITES. Para ello, se utilizaron los datos facilitados por el Centro de Rescate y Refugio de Fauna Silvestre Valle Alto (el único centro de rescate de la provincia durante el periodo de estudio), que recibió a todos los animales decomisados de la provincia.

## 2 Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Rescate y Refugio de Vida Silvestre Valle Alto (Figura 1), ubicado en la provincia de Manabí (Coordenadas 1°5'37.13"S 80°16'16.57"W) en la Región Costa de Ecuador (Zambrano y col., 2019), uno de los puntos calientes de biodiversidad del mundo (Myers y col., 2000). Esta región, originalmente caracterizada por bosques secos y húmedos, se ha transformado, convirtiéndose en una zona agrícola en la que la mayoría de los restos forestales representan pequeños parches fragmentados (Rivas y col., 2020).

Se utilizó la base de datos del Centro de Rescate y refugio de Vida Silvestre Valle Alto, seleccionando

aquellos especímenes de aves y mamíferos confiscados y recibidos por el Centro durante el período 2016-2017. La interceptación, decomiso y traslado al Centro son llevadas a cabo conjuntamente por la policía y el Ministerio del Ambiente. Una vez que los animales llegan al Centro, son evaluados y permanecen confinados hasta su recuperación para ser liberados más tarde. Los animales que no pueden ser liberados son transferidos a zoológicos. La taxonomía de las especies de mamíferos se asignó de acuerdo con la versión 2020.1 del documento Mamíferos del Ecuador: lista actualizada de especies (Tirira y col., 2020), y se asignó el estado taxonómico de las aves de acuerdo con la Lista Roja de Aves del Ecuador (Freile y col., 2019).

Para estas especies, se consideró el nivel de amenaza nacional según el Libro Rojo de Mamíferos de

Ecuador (Tirira, 2011) y la Lista Roja de Aves de Ecuador (Freile y col., 2019); el nivel internacional de amenaza según la lista roja de la UICN; y la distribución original (Costa, Sierra, Amazonas). Aunque este estudio se centra en el comercio nacional, también se incluyó la lista CITES (<https://www.cites.org/eng/app/index.php>) con el fin de obtener una referencia sobre la amenaza del comercio internacional para cada especie. Se calcularon las frecuencias absolutas y relativas del número de especies e individuos con respecto a la distribución, orden, apéndice de CITES y la categoría de amenaza en Ecuador y a nivel internacional. Luego, se realizaron pruebas de Fisher para comparar las proporciones entre las aves y los mamíferos con respecto al nivel de amenaza a nivel nacional e internacional, lista CITES y rango de distribución.



**Figura 1.** El mapa muestra las tres regiones biogeográficas principales del Ecuador continental; la ubicación de la provincia de Manabí (amarillo) y el Centro de Rescate y Refugio de Vida Silvestre de Valle Alto (punto negro).

### 3 Resultados

En total, 212 ejemplares de animales de 41 especies y 14 órdenes fueron confiscados por el Centro de Rescate y Refugio de Vida Silvestre Valle Alto durante 2016 y 2017. Nuestro análisis mostró que había más aves confiscadas (25 especies, 147 especímenes), seguidas de mamíferos (16 especies, 65 individuos). De las aves, el orden más frecuente en

los decomisos fue *Psittaciformes* (121 ejemplares, 13 especies), que representaron el 82,3% del número total de aves confiscadas, siendo *Brotogerys pyrrhoptera* (En peligro de extinción según la UICN) la especie confiscada con mayor frecuencia (29,9%) (Tabla 1). Es importante señalar que el 39,7% de las aves confiscadas figuraban en una de las categorías nacionales de amenazas y el 31,3% en una de las categorías de riesgo de la UICN (Tabla 1).

**Tabla 1.** Especies de aves confiscadas en Manabí (Región Costa de Ecuador) durante 2016-2017, sus categorías de riesgo, y la lista del apéndice CITES.

Orden	Nombre científico	Individuos (n)	Frecuencia relativa (%)	Categoría nacional de riesgo	Categoría de riesgo IUCN	Apéndice CITES
Accipitriformes	<i>Buteogallus anthracinus</i>	1	0,7	VU	LC	II
Accipitriformes	<i>Rostrhamus sociabilis</i>	2	1,4	LC	LC	II
Anseriformes	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	1	0,7	LC	LC	NI
Caprimulgiformes	<i>Steatornis caripensis</i>	1	0,7	LC	LC	NI
Columbiformes	<i>Zenaida auriculata</i>	4	2,7	LC	LC	NI
Columbiformes	<i>Zenaida meloda</i>	2	1,4	LC	LC	NI
Galliformes	<i>Ortalis erythroptera</i>	2	1,4	VU	VU	NI
Galliformes	<i>Penelope purpurascens</i>	3	2	VU	LC	NI
Pelecaniformes	<i>Ardea cocoi</i>	1	0,7	LC	LC	NI
Piciformes	<i>Pteroglossus torquatus</i>	1	0,7	NT	LC	NI
Psittaciformes	<i>Amazona amazonica</i>	2	1,4	LC	LC	II
Psittaciformes	<i>Amazona autumnalis</i>	11	7,5	EN	LC	II
Psittaciformes	<i>Amazona farinosa</i>	4	2,7	NT	NT	II
Psittaciformes	<i>Amazona ochrocephala</i>	1	0,7	LC	LC	II
Psittaciformes	<i>Ara ararauna</i>	3	2	NT	LC	II
Psittaciformes	<i>Ara macao</i>	1	0,7	NT	LC	I
Psittaciformes	<i>Ara severus</i>	2	1,4	LC	LC	II
Psittaciformes	<i>Brotogeris pyrrhoptera</i>	44	29,9	VU	EN	II
Psittaciformes	<i>Brotogeris versicolurus</i>	11	7,5	NE	LC	II
Psittaciformes	<i>Forpus coelestis</i>	5	3,4	LC	LC	II
Psittaciformes	<i>Pionus chalcopterus</i>	11	7,5	LC	LC	II
Psittaciformes	<i>Pionus menstruus</i>	8	5,4	LC	LC	II
Psittaciformes	<i>Psittacara erythrogenys</i>	21	14,3	NT	NT	II
Strigiformes	<i>Ciccaba virgata</i>	1	0,7	LC	LC	II
Strigiformes	<i>Glaucidium peruanum</i>	4	2,7	LC	LC	II

CR: En peligro crítico, EN: En peligro de extinción, VU: Vulnerable, NT: Casi amenazados, LC: Preocupación menor, DD: Datos insuficientes, NE: No evaluado. NI= No incluido en los apéndices CITES.

El orden más frecuente de mamíferos decomisados fue *Rodentia* (50,8%), principalmente *Sitomys stramineus* (36,9%), seguida de *Primates* (32,3%), principalmente *Saimiri cassiquiarensis* (10,8%) y *Alouatta palliata* (9,2%) (Tabla 2). Cinco especies (*Choloepus hoffmanni*, *Alouatta palliata*, *Cebus pygmaea*, *Cebus aequatorialis* y *Cebus capucinus*) de las 16 especies de mamíferos estaban categorizadas como especies en riesgo de extinción (1 CR, 2 EN y 1 VU) en Ecuador (20,2% de todos los mamíferos confiscados) y 92,3% de los mamíferos confiscados estaban como Preocupación Menor (LC) en la Lista Roja de la UICN (Tabla 2). Es importante resaltar que una especie (*Cebus aequatorialis*) estaba clasificada como en peligro crítico de extinción (CR) por la Lista Roja de la UICN.

En este estudio se encontraron las siguientes diferencias entre las aves y los mamíferos confiscados: con respecto al apéndice CITES en el que se encontraron las especies confiscadas, los datos mostraron

que la mayoría de las aves (89,1%) se incluyeron en el Apéndice II, mientras que la mayoría de las especies de mamíferos confiscados (60,1%) no se incluyeron en ningún Apéndice; sin embargo, se incluyó un número significativo de especies de mamíferos en el Apéndice I de CITES (13,8%). En cuanto a la categoría de riesgo nacional, un mayor porcentaje de aves decomisadas se clasifican como vulnerables en Ecuador (34,1%), mientras que la mayoría de las especies de mamíferos figuran en la categoría de preocupación menor (61,5%). En el caso de la categoría de amenaza de la UICN, la mayoría de las especies de mamíferos (92,3%) se incluyen en la categoría de preocupación menor (92,3%) y una proporción significativa de aves (29,9%) fueron clasificados como en peligro de extinción (Tabla 3).

En cuanto al rango de distribución, el 71,4% de las especies de aves y el 64,6% de las especies de mamíferos consideran a la región de la costa como

su área de distribución natural. Cabe señalar que el 12,2% de las aves y el 16,9% de los mamíferos consideran el Amazonas como su zona de distribución. La mayoría de las especies de mamíferos (91%) son primates, y todas las especies de aves cuyo rango de

distribución está en el Amazonas pertenecen a la orden Psittaciformes. En cualquier caso, no se observaron diferencias entre las especies de mamíferos y las especies de aves relativas al rango de distribución (Tabla 4).

**Tabla 2.** Especies de mamíferos confiscados en Manabí (Región Costa de Ecuador) durante 2016-2017, sus categorías de riesgo y la lista del apéndice CITES.

Orden	Nombre científico	Individuos (n)	Frecuencia Relativa (%)	Categoría nacional de riesgo	Categoría de riesgo IUCN	Apéndices CITES
Carnivora	<i>Leopardus pardalis</i>	3	4,6	NT	LC	I
Carnivora	<i>Nasua nasua</i>	1	1,5	LC	LC	NI
Carnivora	<i>Potos flavus</i>	3	4,6	LC	LC	NI
Cingulata	<i>Dasybus novemcinctus</i>	1	1,5	LC	LC	NI
Pilosa	<i>Bradypus variegatus</i>	2	3,1	LC	LC	II
Pilosa	<i>Choloepus hoffmanni</i>	1	1,5	VU	LC	NI
Pilosa	<i>Tamandua tetradactyla</i>	1	1,5	LC	LC	NI
Primates	<i>Alouatta palliata</i>	6	9,2	EN	LC	I
Primates	<i>Cebuella pygmaea</i>	1	1,5	VU	LC	II
Primates	<i>Cebus aequatorialis</i>	4	6,2	CR	CR	II
Primates	<i>Cebus capucinus</i>	1	1,5	EN	NE	II
Primates	<i>Leontocebus lagonotus</i>	2	3,1	NT	LC	II
Primates	<i>Saimiri cassiquiarensis</i>	7	10,8	NT	LC	II
Rodentia	<i>Dasyprocta punctata</i>	6	9,2	LC	LC	NI
Rodentia	<i>Notosciurus granatensis</i>	2	3,1	LC	LC	NI
Rodentia	<i>Simosciurus stramineus</i>	24	36,9	LC	LC	NI

CR: En peligro crítico, EN: En peligro de extinción, VU: Vulnerable, NT: Casi amenazado, LC: Preocupación menor, DD: Datos insuficientes, NE: No evaluado. NI= No incluido en ningún apéndice CITES.

## 4 Discusión

Este trabajo demuestra la existencia de comercio ilegal de una gran variedad de especies de mamíferos y aves en la provincia de Manabí (Ecuador). Un trabajo similar realizado durante el mismo período en la provincia de Guayas también mostró que se traficaron un gran número de aves y mamíferos en esa región (Bazurto, 2018). Nuestros resultados coinciden con dos encuestas realizadas en la región, que mostraron que la posesión de animales silvestres resulta frecuente en las comunidades rurales (Corrales, 2018; Cedeño, 2020). En consecuencia, el comercio ilegal de vida silvestre puede considerarse como una de las principales amenazas para las aves y mamíferos en Manabí, y se necesita tomar acciones para reducir la demanda.

En términos legislativos, para el periodo 2016 y 2017, es importante señalar que el tráfico de vida silvestre es considerado delito por el Artículo 247

del Código Orgánico Penal Integral, que establece que "La persona que cace, pesque, capture, recolecte, extraiga, tenga, transporte, trafique, se beneficie, permute o comercialice, especímenes o sus partes, sus elementos constitutivos, productos y derivados, de flora o fauna silvestre terrestre, marina o acuática, de especies amenazadas, en peligro de extinción y migratorias, listadas a nivel nacional por la Autoridad Ambiental Nacional así como instrumentos o tratados internacionales ratificados por el Estado, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años" (Ministerio de Justicia Derechos Humanos y Cultos, 2014). Esto implica que los especímenes de animales detenidos durante 2016-2017 en la región de Manabí fueron traficados a pesar de la ley en Ecuador, que es aún más disuasoria que en otros países vecinos (por ejemplo, Brasil) (Sollund y Runhovde, 2020), lo que sugiere que se deben establecer otras medidas para evitar este problema. Dado que el tráfico ilegal de vida silvestre es un tema complejo que involucra factores ecológicos, so-

cioeconómicos y culturales (Phelps, Biggs y Webb, 2016; Biggs y col., 2017), la solución no puede basarse únicamente en instrumentos jurídicos, por lo que es pertinente desarrollar un enfoque holístico para reducir la demanda.

**Tabla 3.** Apéndice CITES y categorías de riesgo nacional e internacional de especies de aves y mamíferos confiscadas en Manabí (Ecuador) durante 2016-2017.

Apéndices CITES	Aves		Mamíferos		Prueba de Fisher
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	Valor de P
I	1	0,7	9	13,8	p<0,0001
II	131	89,1	17	26,2	p<0,0001
III	0	0	0	0	-
No incluido	15	10,2	39	60,1	p<0,0001
Categorías nacionales de riesgo					
CR	0	0	4	6,2	p=0,008
EN	11	7,5	7	10,8	p=0,594
VU	50	34,1	2	3,1	p<0,0001
NT	30	20	12	18,5	p=0,852
LC	45	30,6	40	61,5	p<0,0001
DD	0	0	0	0	-
NE	11	7,5	0	0	p=0,037
Categorías de riesgo IUCN					
CR	0	0	4	6,2	p=0,008
EN	44	29,9	0	0	p<0,0001
VU	2	1,4	0	0	-
NT	25	17	0	0	p<0,0001
LC	76	51,7	60	92,3	p<0,0001
DD	0	0	0	0	-
NE	0	0	1	1,5	-

CR: En peligro crítico, EN: En peligro de extinción, VU: Vulnerable, NT: Casi amenazado, LC: Preocupación menor, DD: Datos insuficientes, NE: No evaluado.

Notas: La última columna muestra las diferencias de proporción de acuerdo con la prueba exacta Fisher. La prueba no se realizó en filas con “-” debido al bajo número de observaciones.

**Tabla 4.** Distribución de especies de aves y mamíferos confiscadas en Manabí (Ecuador) durante el período 2016-2017.

Rango de distribución	Aves		Mamíferos		Prueba de Fisher
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	Valor de P
Amazona	18	12,2	11	16,9	p=0,389
Costa	105	71,4	42	64,6	p=0,336
Costa-Amazonas	18	12,2	7	10,8	p=0,821
Costa-Sierra	4	2,7	2	3,1	-
Costa-Sierra-Amazonas	0	0	3	4,6	-
Sin datos	1	0,7	0	0	-
Sierra-Amazonas	1	0,7	0	0	-

Notas: La última columna muestra las diferencias de proporción de acuerdo con la prueba exacta de Fisher. La prueba no se realizó en filas con “-” debido al bajo número de observaciones.

Según nuestros datos, se confiscaron más aves que mamíferos, con un estado de conservación más preocupante, lo que implica que el comercio ilegal de vida silvestre podría tener un mayor efecto en las aves. Esto podría explicarse por la demanda existente de aves como mascotas (Da Nóbrega y Pereira, 2007; Bush, Baker y Macdonald, 2014). Como se mencionó anteriormente, la orden de aves más transitadas fue Psittaciformes (por ejemplo, *Ara macao*, Figura 2a), datos que coinciden con los informes del Ministerio ecuatoriano de Medio Ambiente de 2013, que afirmaban que el 71% de las aves incautadas en todo el país eran *Psittaciformes*; siendo también uno de los pedidos más amenazados a nivel mundial (Olah y col., 2016; Bird Life International, 2017). Por ejemplo, *Brotogeris pyrrhoptera* representó el 30% de las aves confiscadas, estando esta especie clasificada como Vulnerable en Ecuador y En Peligro por la Lista Roja de la UICN. Estas especies son altamente tra-

ficadas debido a la preferencia de esta orden como mascota (Romero y col., 2020). De hecho, el declive actual de la población de loros neotropicales está estrechamente relacionado con el comercio local de loros para su uso como mascotas, además de su captura para el comercio internacional (Berkunsky y col., 2017). Este fenómeno se observa en nuestro estudio, ya que la mayoría de las especies de aves confiscadas fueron Psittaciformes, trasladados de la Amazonía a la Región Costa, fuera de su distribución de rango natural, lo que también puede tener un impacto negativo como especies exóticas invasoras (Bush, Baker y Macdonald, 2014; Zhou y col., 2015). Tal es el caso de *Brotogeris versicolurus*, la tercera especie de ave más confiscada en nuestro estudio, nativa de la Amazonía y que introdujo la enfermedad New Castle en Perú mediante la liberación de individuos confiscados e infectados (Daut y col., 2016).



**Figura 2.** El guacamayo escarlata (*Ara macao*) (a) y el mono ardilla del Humboldt (*Saimiri cassiquiarensis*) (b), ejemplos de especies nativas de la Amazonía confiscadas en la Región Costera, Ecuador.

En cuanto a los mamíferos, los roedores fueron el orden más traficado, y entre estos las ardillas eran las especies más traficadas. Es fácil encontrar ardillas en los mercados de mascotas internacionales (Bertolino, 2009), por lo tanto, era de esperarse

que también fueran uno de los principales roedores confiscados en nuestra área de estudio. El segundo roedor más traficado fue *Dasyprocta punctata*, probablemente debido a que se consume como carne de caza en la región (Rodríguez-Ríos y García, 2018).

Después de Rodentia, los primates fueron las especies de mamíferos más incautadas en la región de Manabí, donde tradicionalmente se han utilizado como mascotas (De la Torre, 2012). Un estudio sobre el tráfico de primates nativos en Ecuador para 1989-2012 encontró que el 98% de los primates estaban destinados a ser mascotas (Tirira, 2013). Además, un estudio local con datos sobre el tráfico ilegal de vida silvestre reveló que el 42% de los mamíferos sujetos al comercio ilegal eran los primates (De la Torre, 2012). Del mismo modo, en 2013, un informe del Ministerio del Ambiente de Ecuador indicó que el 30% de las especies de mamíferos confiscadas eran primates.

En nuestro estudio, el mono ardilla de Humboldt (*Saimiri cassiquiarensis*; Figura 2b), nativa de la región amazónica en Ecuador, fue el primate más traficado, información que coincide con datos nacionales como la especie de primate más traficada durante 1989-2012 (Tirira, 2013). Por otra parte, De la Torre (2012), en un estudio en la Amazonía ecuatoriana, informó que el 40% de los primates confiscados por el Ministerio del Ambiente durante el período 2008-2010 pertenecían a esta misma especie. La demanda de esta especie como mascota se debe probablemente a su aspecto elegante, tamaño pequeño y capacidad de adaptación a diferentes ambientes, junto con una dieta baja selectiva (De la Torre y col., 2011). Además, durante este estudio también se decomisaron dos especies con poblaciones naturales en la Región Costera, el mono aullador (*Alouatta palliata*) y el capuchino de frente blanca (*Cebus aequatorialis*), el cual es poco común en la costa (Guerrero-Casado y col., 2020) y está clasificado como en peligro crítico (CR) a nivel nacional (Tirira, 2011). En resumen, nuestros datos confirman que existe una demanda de primates principalmente para ser utilizados como mascotas, por lo que resulta esencial trabajar en la reducción del comercio de estas especies.

Además, no debemos subestimar el hecho de que una proporción significativa de las especies confiscadas están clasificadas en riesgo por la UICN, lo que sugiere el impacto negativo del comercio ilegal nacional en las poblaciones silvestres. Aunque nuestro estudio se centró en el comercio de vida silvestre a escala nacional, también es importante destacar que la mayoría de las especies de aves incautadas están incluidas en el Apéndice II

de la CITES, que incluye especies que podrían verse amenazadas si no se controla su comercio internacional. Además, aunque la mayoría de las especies de mamíferos no están incluidas en los Apéndices de la CITES, es preocupante que el 13,8% figure en el Apéndice I de la CITES, que incluye especies amenazadas en peligro de extinción. La reducción del comercio ilegal nacional podría contribuir a mejorar el estado de conservación de estas especies.

Por último, aunque la Región Costa es el rango de distribución natural de la mayoría de las especies incautadas, nuestros resultados mostraron que también existe tráfico en la Amazonía (11% de los especímenes), la mayoría de los cuales eran primates y *Psittaciformes* (Figura 2). La introducción de especies exóticas puede traer consecuencias negativas a los ecosistemas de la región costera (Bush, Baker y Macdonald, 2014), además de causar preocupación en el bienestar animal para la captura (en el Amazonas), el transporte (a la región costera) y la posterior posesión de especímenes (Baker y col., 2013). Por lo tanto, hay que evitar el movimiento de animales desde la Amazonía y debe considerarse una estrategia nacional para reducir el comercio ilegal de vida silvestre.

## 5 Conclusión

Nuestros datos mostraron que hay una gran variedad de especies de aves y mamíferos afectadas por el tráfico ilegal de vida silvestre, muchas de las cuales están amenazadas tanto a nivel nacional como internacional. El comercio nacional de vida silvestre debería considerarse una de las principales preocupaciones de conservación, por lo que deben aplicarse nuevas medidas de protección y conservación para reducir el número de especies sujetas al comercio. En este sentido, el objetivo de la Política Nacional para la Gestión de la Vida Silvestre (Ministerio del Ambiente, 2017b) es permitir a los diferentes entes gubernamentales un ejercicio coordinado para controlar y monitorear el uso y comercialización de la vida silvestre a nivel nacional y local (Mestanza-Ramón y col., 2020) con el fin de reducir completamente el comercio ilegal e insostenible de vida silvestre en Ecuador. Aunque la legislación ecuatoriana ya considera el delito de tráfico de vida silvestre con una pena privativa de libertad, es importante que se apliquen mejores sistemas de infor-

mación de control y gestión (por ejemplo, mejora de la información sobre datos) junto con el desarrollo de otras acciones complementarias, como los programas de educación ambiental, con el objetivo de crear conciencia sobre las consecuencias negativas de la explotación de la vida silvestre en el bienestar animal, la pérdida de biodiversidad y la salud humana. Este último tema se ha destacado en el último año debido al COVID-19, y muchos investigadores y médicos (por ejemplo, Roe y col. (2020) y Aguirre y col. (2020)) han afirmado que es necesario reducir el comercio ilegal de vida silvestre para prevenir futuras pandemias bajo la perspectiva de “one health”.

## Agradecimientos

Queremos agradecer a las siguientes personas y organismos nacionales públicos, por su contribución a esta labor: al Refugio de Vida Silvestre Valle Alto, por habernos proporcionarnos su base de datos de incautaciones; a los voluntarios del Centro de Rescate por su trabajo en la recolección de datos; al Ministerio de Medio Ambiente ecuatoriano y a la Policía Nacional de Ecuador, por su trabajo en el decomiso y transporte de los animales tanto al Centro de Rescate como a su lugar de liberación. Este proyecto fue financiado parcialmente por la Universidad Técnica de Manabí, dentro proyecto registrado bajo el número AP-C1-12018-FCV0012. La JGC cuenta actualmente con el apoyo del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y la Consejería de Economía, Conocimiento, Empresas y Universidad de la Junta de Andalucía (referencia del proyecto: 1264483). Agradecemos a los tres críticos anónimos que ayudaron a mejorar el manuscrito. No se manipuló a ningún animal durante este estudio.

## Referencias

- Aguirre, A. y col. (2020). «Illicit wildlife trade, wet markets, and COVID-19: preventing future pandemics». En: *World Medical Health Policy* 12.3, 256-265. Online: <https://bit.ly/2WFIWYc>.
- Arroyave, F. y col. (2020). «Multiplex networks reveal geographic constraints on illicit wildlife trafficking». En: *Applied Network Science* 5.1, 1-20. Online: <https://bit.ly/37geB3r>.
- Baker, S. y col. (2013). «Rough trade: animal welfare in the global wildlife trade». En: *BioScience* 63.12, 928-938. Online: <https://bit.ly/3jibJxs>.
- Bazurto, K. (2018). «Tráfico de fauna silvestre en la Reserva Ecológica Manglares Churute 2015-2017». Tesis de grado. Online: <https://bit.ly/3fvAyQx>. Universidad de Guyaquil.
- Berkunsky, I. y col. (2017). «Current threats faced by Neotropical parrot populations». En: *Biological Conservation* 214, 278-287. Online: <https://bit.ly/3lr52a3>.
- Bertolino, S. (2009). «Animal trade and non-indigenous species introduction: the worldwide spread of squirrels». En: *Diversity and Distributions* 15.4, 701-708. Online: <https://bit.ly/3rTm5mD>.
- Biggs, D. y col. (2017). «Developing a theory of change for a community-based response to illegal wildlife trade». En: *Conservation Biology* 31.1, 5-12. Online: <https://bit.ly/3ft2eFL>.
- Bird Life International (2017). *IUCN Red List for birds*. IUCN.
- Bush, E., S. Baker y D. Macdonald (2014). «Global trade in exotic pets 2006-2012». En: *Conservation Biology* 28.3, 663-676. Online: <https://bit.ly/3xy7M8h>.
- Cedeño, E. (2020). «Análisis del tráfico de fauna silvestre en la parroquia Abdón Calderón como una herramienta de gestión ambiental». Tesis de grado. Online: <https://bit.ly/3ftrRq0>. Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Cervera, L. y col. (2018). «Working Together Towards One Goal: Results of the First Primate Census in Western Ecuador». En: *Primate Conservation* 32, 49-56. Online: <https://bit.ly/3ynxIEN>.
- Corrales, V. (2018). «Análisis del tráfico ilegal de fauna silvestre en la provincia Los Ríos y su área de influencia». Tesis de grado. Online: <https://bit.ly/3fwwWxF>. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- D’Cruze, N. y col. (2018). «A socio-economic survey of pangolin hunting in Assam, Northeast India». En: *Nature Conservation* 30, 83-1050. Online: <https://bit.ly/3AeJYrx>.
- Da Nóbrega, R. y G. Pereira (2007). «Commercialization and use of snakes in North and Northeastern Brazil: implications for conservation and management». En: *Biodiversity and Conservation* 16.4, 969-985. Online: <https://bit.ly/2TOXVwL>.

- Daut, E. y col. (2016). «Interacting effects of Newcastle disease transmission and illegal trade on a wild population of white-winged parakeets in Peru: A modeling approach». En: *PloS one* 11.1, e0147517. Online: <https://bit.ly/3Coycwu>.
- De la Torre, S. (2012). «Conservation of Neotropical primates: Ecuador a case study». En: *International Zoo Yearbook* 46.1, 25-35. Online: <https://bit.ly/2VwDuVY>.
- De la Torre, S. y col. (2011). «Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador». En: ed. por D. Tirira. 2.<sup>a</sup> ed. Quito, Ecuador: Fundación Mamíferos y Conservación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Ministerio del Ambiente del Ecuador. Cap. Mono ardilla común (*Saimiri sciureus*), pág. 248.
- Di Minin, E. y col. (2019). «Identifying global centers of unsustainable commercial harvesting of species». En: *Science Advances* 5.4, eaau2879. Online: <https://bit.ly/3jwQvr3>.
- Duffy, R. y col. (2016). «Toward a new understanding of the links between poverty and illegal wildlife hunting». En: *Conservation Biology* 30.1, 14-22. Online: <https://doi.org/10.1111/cobi.12622>.
- Freile, J. y col. (2019). *Lista roja de las aves del Ecuador*. Ministerio del Ambiente, Aves y Conservación, Comité Ecuatoriano de Registros Ornitológicos, Fundación Charles Darwin, Universidad del Azuay, Red Aves Ecuador y Universidad San Francisco de Quito. Online: <https://bit.ly/3ywGkZF>.
- Goyes, D. y R. Sollund (2016). «Contesting and contextualising CITES: Wildlife trafficking in Colombia and Brazil». En: *International Journal for Crime, Justice and Social Democracy* 5.4, 87-1020. Online: <https://bit.ly/3yZlkle>.
- Guerrero-Casado, J. y col. (2020). «New records of the critically endangered Ecuadorian white-fronted capuchin (*Cebus aequatorialis*) detected by remote cameras». En: *Primates* 61.2, 175-179. Online: <https://bit.ly/3lPt3bl>.
- Mancera, N. y O. García (2008). «Comercio de fauna silvestre en Colombia». En: *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 61.2, 4618-4645. Online: <https://bit.ly/3CIHgCE>.
- Mestanza-Ramón, C. y col. (2020). «In-Situ and Ex-Situ Biodiversity Conservation in Ecuador: A Review of Policies, Actions and Challenges». En: *Diversity* 12.8, 315. Online: <https://doi.org/10.3390/d12080315>.
- Ministerio de Justicia Derechos Humanos y Cultos (2014). *Código Orgánico Integral Penal*. Gráficas Ayerve C. A. Online: <https://bit.ly/3yuIR6v>.
- Ministerio del Ambiente (2012). *Informe del tráfico de fauna silvestre de 2003 a 2011*. Inf. téc. MAE. Online: <https://bit.ly/3irMVPn>.
- (2014). *Informe del tráfico ilegal de especies en el Ecuador continental en el año 2013*. Inf. téc. MAE. Online: <https://bit.ly/2Vsyfa8>.
- (2015). *Informe del tráfico ilegal de especies 2014*. Inf. téc. MAE. Online: <https://bit.ly/37s8R6E>.
- (2017a). *Guía para la identificación de especies de fauna silvestre sujetas al tráfico y comercio ilegal de carne de monte-Recomendaciones para su manejo emergente*. Inf. téc. MAE, WCS, GEF, PNUD. Online: <https://bit.ly/3Cn9xZt>.
- (2017b). *Política Nacional para la Gestión de la Vida Silvestre*. Inf. téc. MAE. Online: <https://bit.ly/2VwvpPY>.
- Mittermeier, R., P. Gil y C. Mittermeier (1997). *Megadiversity: Earth's Biologically Wealthiest Nations*. Conservation International.
- Mittermeier, R., W. Konstant y R. Mast (1994). «Use of neotropical and Malagasy primate species in biomedical research». En: *American Journal of Primatology* 34.1, 73-80. Online: <https://bit.ly/3ira0lp>.
- Myers, N. y col. (2000). «Biodiversity hotspots for conservation priorities». En: *Nature* 403.6772, 853-858. Online: <https://go.nature.com/3rZ7ANQ>.
- Olah, G. y col. (2016). «Ecological and socioeconomic factors affecting extinction risk in parrots». En: *Biodiversity and Conservation* 25.2, 205-223. Online: <https://bit.ly/3jxwm3P>.
- Phelps, J., D. Biggs y E. Webb (2016). «Tools and terms for understanding illegal wildlife trade». En: *Frontiers in Ecology and the Environment* 14.9, 479-489. Online: <https://bit.ly/3xtSFMX>.
- Rivas, C. y col. (2020). «Dry forest is more threatened but less protected than evergreen forest in Ecuador's coastal region». En: *Environmental Conservation* 47.2, 79-83. Online: <https://bit.ly/37pJ2Er>.
- Robinson, J. y P. Sinovas (2018). «Challenges of analyzing the global trade in CITES-listed wildlife». En: *Conservation Biology* 32.5, 1203-1206. Online: <https://bit.ly/3yHmP0o>.
- Rodríguez-Ríos, E. y B. García (2018). «Valuing bushmeat for people living at a subsistence level: The case of Cuniculus paca meat in Flavio

- Alfaro, Manabí, Ecuador». En: *Human Dimensions of Wildlife* 23.4, 313-328. Online: <https://bit.ly/3lFKvPs>.
- Roe, D. y col. (2020). «Beyond banning wildlife trade: COVID-19, conservation and development». En: *World Development* 136, 105121. Online: <https://bit.ly/3ypRoYx>.
- Romero, P. y col. (2020). «Opportunistic or Non-Random Wildlife Crime? Attractiveness rather than abundance in the wild leads to selective parrot poaching». En: *Diversity* 12.8, 314. Online: <https://bit.ly/3jplp4s>.
- Sinovas, P. y B. Price (2015). *Ecuador's Wildlife Trade. English translation of the technical report prepared for the Ministry of the Environment of Ecuador and the German Development Cooperation (GIZ)*. UNEP-WCMC. Online: <https://bit.ly/3jAjwSJ>.
- Sollund, R. y S. Runhovde (2020). «Responses to wildlife crime in post-colonial times. Who fares best?». En: *The British Journal of Criminology* 60.4, 1014-1033. Online: <https://bit.ly/3islFAG>.
- Suarez, E. y col. (2009). «Oil industry, wild meat trade and roads: indirect effects of oil extraction activities in a protected area in north-eastern Ecuador». En: *Animal Conservation* 12.4, 364-373. Online: <https://bit.ly/3iv9SRQ>.
- Tirira, D. G. (2013). «Tráfico de primates nativos en el Ecuador». En: *Serie Zoológica* 8-9, 36-57. Online: <https://bit.ly/39t75mM>.
- Tirira, D. (2011). *Libro Rojo de Mamíferos del Ecuador*. 2nd. Quito: Fundación Mamíferos y Conservación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Ministerio del Ambiente.
- Tirira, D. y col. (2020). *Mammals of Ecuador: Updated checklist species. Versión 2020.1*. Quito: Asociación Ecuatoriana de Mastozoología.
- World Bank (2020). *Rural population*.
- Zambrano, R. y col. (2019). «Riqueza de especies y abundancia de mamíferos en el Centro de Rescate y Refugio de Vida Silvestre Valle Alto, provincia de Manabí (Ecuador)». En: *La Técnica* 22, 47-56. Online: <https://bit.ly/3yuasVG>.
- Zhou, Z. y col. (2015). «Private possession drives illegal wildlife trade in China». En: *Frontiers in Ecology and the Environment* 13.7, 353-354. Online: <https://bit.ly/3lGkcIB>.



# ELABORACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA SINTETIZADAS A PARTIR DE EXTRACTO DE HOJAS DE ROMERO (*Rosmarinus officinalis* L.) Y SU USO COMO CONSERVANTE

PREPARATION OF SYNTHESIZED SILVER NANOPARTICLES FROM EXTRACT OF ROSEMARY LEAVES (*Rosmarinus officinalis* L.) AND ITS USED AS A PERSERVATIVE

Lucas Pardo<sup>1</sup>, Jason Arias<sup>2</sup> y Patricia Molleda\*<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Química, Carrera Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil, Código Postal 090514, Guayaquil, Ecuador.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Química, Carrera Licenciatura en Gastronomía, Universidad de Guayaquil, Código Postal 090514, Guayaquil, Ecuador.

<sup>3</sup>Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Espíritu Santo. Av. Samborondón 5. Samborondón. Código Postal 092301, Guayaquil, Ecuador.

\*Autor para correspondencia: [patmoll@hotmail.com](mailto:patmoll@hotmail.com)

Manuscrito recibido el 3 de junio de 2020. Aceptado, tras revisión, el 28 de enero de 2021. Publicado el 1 de marzo de 2022.

## Resumen

Las nanopartículas son materiales que pueden llegar a medir entre 1 a 100 nm de longitud, y en la actualidad la propiedad antimicrobiana de las nanopartículas de plata es aprovechada por las industrias para la fabricación de productos de belleza y medicamentos. Las nanopartículas pueden ser sintetizadas a partir de plantas, algas o microorganismos, y también pueden ser obtenidas como productos de combustión. En este estudio se utilizaron extractos de las hojas de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) para la síntesis de nanopartículas de plata (NPs-Ag) con la finalidad de producir un compuesto antimicrobiano para usarse como conservante de frutas. Las NPs-Ag se caracterizaron cualitativa y cuantitativamente mediante análisis fitoquímicos y espectroscopia UV-VIS, presentando una absorción en el rango de 389-418 nm, que corresponde a la resonancia de su plasmón superficial. Además, se empleó la microscopía electrónica de barrido para determinar el tamaño y morfología de las NPs-Ag, observándose una forma esférica de 10 nm de diámetro. Se emplearon dos cepas bacterianas en los ensayos antimicrobianos realizados, la gramnegativa (*Escherichia coli*) y la grampositiva (*Staphylococcus aureus*) para comprobar la actividad antimicrobiana de las NPs-Ag. Para *E. coli* se obtuvo una mejor actividad antibacteriana con un halo de inhibición de 3,21 mm. Posteriormente se usaron las NPs-Ag en manzanas para determinar su uso como conservante, usando la cera de abeja como control untada en la superficie de las frutas, observándose que las nanopartículas sintetizadas alargaron el tiempo de maduración de la frutas.

**Palabras clave:** Espectroscopia, extracto acuoso, nanopartícula de plata, romero

---

**Abstract**

Nanoparticles are materials that measure from 1 to 100 nm of length. Currently, the antimicrobial property of silver nanoparticles is used by industries for the manufacture of beauty products and medicines. Nanoparticles can be synthesized from plants, algae or microorganisms, and they can also be obtained from combustion products. In this study, extracts of rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis* L.) were used for the synthesis of silver nanoparticles (NPs-Ag) in order to produce an antimicrobial compound to be used as a fruit preservative. NPs-Ag were characterized qualitatively and quantitatively by phytochemical analysis and UV-VIS spectroscopy, showing an absorption in the range of 389-418 nm, which corresponds to their surface plasmon resonance. Furthermore, Scanning Electronic Microscopy was used to determine the size and morphology of the NPs-Ag, observing a spherical shape of 10 nm of diameter. Two bacterial strains were used in the antimicrobial tests, the Gram-negative (*Escherichia coli*) and the Gram-positive (*Staphylococcus aureus*) to verify the antimicrobial activity of the NPs-Ag. For *E. coli*, a better antibacterial activity was obtained with an inhibition halo of 3.21 mm. Subsequently, the NPs-Ag were used in apples to determine their use as a preservative, using beeswax smeared on the surface of the fruit as control, observing that synthesized NPs-Ag prolonged the maturation time of the fruits.

**Keywords:** Aqueous extract, silver nanoparticle, spectroscopy, rosemary.

---

Forma sugerida de citar: Pardo, L., Arias, J., y Molleda, P. (2022). Elaboración de nanopartículas de plata sintetizadas a partir de extracto de hojas de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) y su uso como conservante. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 35(1):45-58. <http://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.04>.

---

IDs Orcid:

Lucas Pardo: <http://orcid.org/0000-0003-3552-4712>

Jason Arias: <http://orcid.org/0000-0002-6637-6970>

Patricia Molleda: <http://orcid.org/0000-0002-0845-5611>

## 1 Introducción

Las nanopartículas son consideradas materiales donde al menos una de sus longitudes puede llegar a medir entre 1 a 100 nm (Vázquez y Blandón, 2014). En la actualidad las propiedades antimicrobianas de las NPs-Ag y otros metales nobles como el oro (Au), el platino (Pt) y el paladio (Pd) son aprovechados por las industrias para la fabricación de productos de belleza como jabón, champú, detergente, dentífricos, medicamentos, entre otras aplicaciones dentro de la medicina, electrónica, polímeros y cerámicos (Anandalakshmi y Venugobal, 2017; Vera, Farías y Castañeda, 2017). Se han realizado muchas investigaciones sobre el uso de la nanotecnología en la industria alimentaria y el uso y aplicación de las nanopartículas se ha investigado en el área de seguridad alimentaria y calidad, envasado y desarrollo de nuevos alimentos. También las nanopartículas se han utilizado para prevenir la contaminación microbiana en alimentos envasados, mejorar las propiedades físicas de los alimentos y aumentar la biodisponibilidad de sus componentes (Pardo de Santayana, 2018; Thiruvengadam, Rajakumar y Chung, 2018; Ávalos, Haza y Morales, 2013).

Debido a que en la actualidad no existe ninguna legislación que regule la nanotecnología y los nanomateriales en los alimentos, éstos están incluidos en la regulación europea de sustancias químicas (REACH). La autoridad europea de seguridad alimentaria en su publicación sobre la orientación para evaluar los riesgos que representan el uso de la nanotecnología y la nanociencia en los alimentos recomienda la necesidad de desarrollar, validar metodologías y mejorar los estudios sobre la toxicidad y genotoxicidad de las nanopartículas (Ávalos, Haza y Morales, 2013).

Existen diversos tipos de síntesis de nanopartículas metálicas tales como la síntesis mediante método químico usando la reacción redox (agente reductor), método electroquímico, reducción fotoquímica e irradiación ultravioleta, y en todos estos se usan reactivos químicos, se consume energía y se produce contaminación ambiental debido a que se genera una gran cantidad de residuos químicos que tienen como destino final el agua, el suelo o el aire (Vera, Farías y Castañeda, 2017; Chandran y col., 2006; Rodríguez y col., 2013; Torres, 2017).

En la actualidad se están sintetizando nanopartículas mediante la síntesis verde o fisicoquímica verde, la cual produce menor cantidad de residuos contaminantes en comparación con los métodos tradicionales. A través de esta síntesis se obtienen nanopartículas mediante fuentes naturales cambiando los compuestos químicos por extractos naturales de plantas, algas o microorganismos, siendo este método eficaz, fácil, no tóxico, convirtiéndose en una técnica de síntesis de nanopartículas ecológico y eco-amigable (Flores, 2014). Esta técnica no convencional brinda la posibilidad de obtener nanopartículas de metales nobles en soluciones acuosas a temperaturas bajas usando extractos de plantas que actúan como agente reductor, el cual se encuentra en concentraciones elevadas además de contener estabilizadores naturales (Belmares y col., 2015). Por esta razón, para obtener nanopartículas a partir de la síntesis verde se utiliza mayoritariamente las plantas respecto a otras fuentes naturales tales como algas, bacterias, levaduras, entre otros, debido a que éstas son menos tóxicas (Vera, Farías y Castañeda, 2017).

Se han sintetizados nanopartículas de plata a partir de las cáscaras de algunas frutas o vegetales como el banano, el ajo, la sábila, la albahaca, el mástico, el cilantro y el romero, los cuales poseen componentes bioactivos con contenido antimicrobiano de forma natural, que de acuerdo a sus propiedades son capaces de producir una reducción en la plata (Madrid, 2017).

El romero (*Rosmarinus officinalis* L.) pertenece a la familia Lamiaceae, es originario de la región mediterránea de Europa y conocido como una planta aromática y de uso medicinal. Esta planta presenta metabolitos secundarios y aceites esenciales tales como flavonoides, terpenos, ácidos fenólicos, entre otros, y también es usado como condimento y aromatizante (Purca, 2013). El romero hoy en día es aprovechado en la industria alimenticia, farmacéutica, cosmética entre otras. Según Briones (2017), los subproductos más importantes del romero son su extracto acuoso y los aceites esenciales. Además, Avila-Sosa y col. (2011) expresaron que los extractos de plantas extraídos de las hojas del romero poseen compuestos y propiedades antioxidantes y antimicrobianas que fueron utilizadas en la antigüedad como medicina ancestral.

La finalidad de este estudio fue extraer y sintetizar nanopartículas de plata a partir del extracto de las hojas de romero y evaluar su actividad antimicrobiana en una fruta tradicional para su conservación.

## 2 Materiales y Métodos

### 2.1 Obtención del extracto natural de la hoja de romero

Para la obtención del extracto natural de la planta de romero que favorece el proceso de reducción del nitrato de plata y la formación de las nanopartículas se siguieron los siguientes pasos: primero se realizó la recolección de la planta de romero, posteriormente se procedió a seleccionar las hojas que presentaron mejor estado. Estas se lavaron y desinfectaron con una solución de dióxido de cloro líquido a 10 ppm durante 10 minutos siguiendo la metodología de Garmendia y Vero (2006). Luego se procedió a realizar la reducción del tamaño de las hojas utilizando un mortero, siguiendo la metodología de Martínez, Zuñiga y Sanchez (2013). Posteriormente el extracto obtenido se llevó a punto de ebullición (100 °C), hirviendo 100 gr de hojas con 100 ml de agua durante 20 a 25 minutos con agitación constante.

Luego, la muestra se filtró en papel (Whatman, 0,45  $\mu\text{m}$ ), y al caldo obtenido se le agregaron 100gr de hojas adicionales para concentrarlo hasta un volumen de 50 ml, repitiendo el procedimiento de extracción anteriormente mencionado. Por último, se filtró el extracto final, se dejó enfriar a temperatura ambiente y luego se almacenó en un recipiente de vidrio. Para conservar el extracto, este se mantuvo en refrigeración a una temperatura de 4 °C durante 6 días.

Posteriormente se determinaron los metabolitos secundarios mediante análisis cualitativos y cuantitativos, utilizando tres tipos de extracto cada uno con diferentes solventes; en agua destilada (EA), en etanol (EE) y en agua acidulada (EAC), con la finalidad de utilizar el extracto que presentó mejo-

res resultados por sus compuestos y propiedades químicas para su uso como nanopartícula. A cada uno de estos extractos se le realizaron análisis fitoquímicos para comprobar si este contenía grupos funcionales con propiedades químicas reductoras.

Lo expuesto anteriormente se determinó mediante tamizaje fitoquímico, empleando una extracción sucesiva con solventes de polaridad creciente, iniciando el análisis en el extracto etéreo, seguido del extracto alcohólico y finalmente el extracto acuoso. Esta técnica permitió la identificación de los metabolitos secundarios, mediante la utilización de reactivos apropiados (Tabla 1) que dieron lugar a reacciones coloreadas o precipitación de los mismos (Amaguaña, 2018; Santorum, 2017).

### 2.2 Síntesis de nanopartículas de plata

Se utilizó el Nitrato de Plata (Número CAS: 7761-88-8) con una pureza del (95%) como precursor metálico. Para la preparación del nitrato de plata acuoso ( $\text{AgNO}_3$ ) se disolvieron 0,034 gramos de  $\text{AgNO}_3$  (1 mM) en 200 ml de agua destilada, de esta forma se preparó la solución madre. Posteriormente y para comprobar cuál era la concentración adecuada se utilizó el extracto de hojas de romero en volúmenes de 5 ml, 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml y 50 ml, siempre manteniendo constantes la solución del nitrato de plata (5 ml). El pH de cada una de las soluciones preparadas se ajustó con hidróxido de sodio (NaOH) al 0,1 N hasta obtener un pH básico entre 8 y 10, medido con un pHmetro (Thermo Scientific <sup>TM</sup>Orion Star <sup>TM</sup>A211). La temperatura en la cual se mantuvieron estas soluciones fue de 65 °C en agitación constante.

Esta solución se almacenó a 4 °C durante 6 días. Posteriormente las NPs-Ag se caracterizaron mediante Espectroscopia UV-VIS en un rango espectral de absorción entre 350-800 nm que corresponde a la resonancia del plasmón superficial de las nanopartículas metálicas, usando un espectrofotómetro (Genesys 10 UV scanning). Para determinar el tamaño y forma de la NPs-Ag obtenida, éstas se observaron con un microscopio electrónico de barrido (Olympus FV3000, Germany) (Sánchez, 2017).

**Tabla 1.** Análisis fitoquímico del extracto acuoso, etanólico y acidulado de las hojas de *Rosmarinus officinalis* L. reactivos usados y resultados esperados

Ensayos fitoquímicos	Reactivo o tratamiento	Resultados Positivos
Saponinas	Agitar	Presencia de espuma por 2min
Compuestos reductores	Reactivo de Fehling	Color rojo y presencia de azúcares reductores disacáridos
Compuestos fenólicos	3 gotas de solución de Tricloruro Férrico al 5 %.	Color rojo y presencia de compuestos fenólicos. Color verde intenso o azul y presencia de taninos
Flavonoides	1 ml de HCL + 1 ml H <sub>2</sub> O + 2ml de alcohol	Tonalidad roja a marrón y presencia de flavonoides
Alcaloides	1 gota de ácido clorhídrico + 3 gotas de reactivo de Dragendorff	Opalescencia (+), si se observa turbidez definida (++) , y si hay precipitado (+++).
Resinas	Agua destilada	Precipitado
Terpenoides	1 ml de cloroformo + 1ml de anhídrido carbónico + 2 a 3 gotas de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> concentrado por las paredes	Color rosado, verde intenso y verde oscuro resultados positivos

### 2.3 Efectividad antimicrobiana de las nanopartículas de plata sintetizada

La efectividad antimicrobiana de las NPs-Ag se midió utilizando discos antibiograma frente a la bacteria gramnegativa *E. coli* y frente a la bacteria grampositiva *S. aureus*. Para esto, se consideró el tamaño del halo de inhibición (mm) correspondiente al área donde se evidenció la efectividad antimicrobiana (Bauer y col., 1966). En las placas de Petri con medio de cultivo Mueller-Hinton se sembró una concentración celular de  $1,5 \times 10^8$  UFC/ml de las bacterias grampositiva y gramnegativa usadas. Las placas de Petri, antes de ser inoculadas, se dividieron en tres cuadrantes donde se colocaron el extracto puro, la solución de nitrato de plata y las nanopartículas sintetizadas en cada uno de ellos. Luego, se colocaron los discos antibiogramas y las placas se incubaron

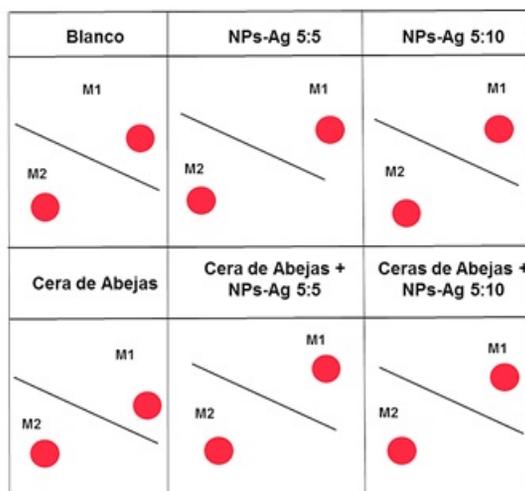
a 37 °C por 24 horas. Finalmente, se midieron los halos de inhibición bacteriana con la ayuda de un vernier.

### 2.4 Uso de las nanopartículas de plata sintetizada en una fruta

Para determinar si el extracto de las NPs-Ag sintetizadas puede ser usado como conservante se cubrió la superficie de una fruta de temporada (manzana roja) y se compararon los resultados con la cera de abeja. Se emplearon 12 manzanas rojas (*Red delicious*) adquiridas en el mercado, las cuales se lavaron y desinfectaron con agua que contenía 10 ppm de cloro por 5 minutos. Posteriormente, se colocaron dos manzanas en cajas conservadoras que estaban divididas en dos celdas. A las manzanas de la

caja conservadora 1 no se les agregó nada (blanco), a las dos manzanas de la caja conservadora 2 se les agregó la solución de nanopartículas con la proporción 5:5, a las dos manzanas de la caja conservadora 3 se les agregó la solución de nanopartículas con la proporción 5:10, a las dos manzanas de la caja conservadora 4 se les agregó cera de abejas, a las dos manzanas ubicadas en la caja conservadora 5 se les

agregó cera de abeja más la solución de nanopartículas con la proporción 5:5 y a las manzanas colocadas en la caja conservadora 6 se les agregó cera de abeja y la solución de nanopartículas con la proporción 5:10 (Figura 1). Este estudio se realizó durante 30 días, tiempo durante el cual se monitoreó el peso, el color y el grado de madurez de la fruta.



**Figura 1.** Representación gráfica del ensayo de las NPs-Ag usadas como conservante (NPs-Ag = Nanopartículas de plata, M1 = manzana 1 y M2 = manzana2).

### 3 Resultados y Discusión

#### 3.1 Caracterización fitoquímica del extracto de hoja de romero

Los resultados obtenidos de los análisis fitoquímicos realizados a los extractos acuosos, acidulados y etanólicos se observan en la Tabla 2. La caracterización fitoquímica realizada evidenció la presencia de los metabolitos contenidos en la composición química de esta planta, identificándose 2844,0 mg/kg de terpenos y 24% de fenoles. La presencia de saponinas no se evidenció debido a que no hubo formación de espuma en la muestra, tampoco se observaron resinas por parte del extracto acuoso, pero sí compuestos fenólicos y terpenoides, además de azúcares reductores, flavonoides y alcaloides, los cuales son considerados los compuestos químicos de la planta de romero con propiedades reductoras.

Este análisis se realizó para corroborar que el romero es una planta rica en principios activos, los

cuales han sido ampliamente estudiados. Dichos compuestos químicos poseen acción en casi todos los órganos del cuerpo humano al poseer altos porcentajes de aceites esenciales cuyos ingredientes activos son flavonoides, ácidos fenólicos, ácido triterpénico y alcoholes triterpénicos. Las hojas de romero poseen un alto contenido de ácidos rosmarínico y su derivado rosmarisina también está presente en el ácido carnosico que se caracteriza por ser inestable (Avila-Sosa y col., 2011). Como indica Salguero y Pilaquinga (2017) cuando se sintetizan las nanopartículas de plata mediante el uso de extractos de plantas se aprovecha el poder de las propiedades fitoquímicas y etnofarmacológicas de las plantas. En este caso, el romero posee numerosas propiedades beneficiosas, unido a la propiedad bactericida de las nanopartículas de plata, lo cual contribuye a aumentar su utilidad en el área biomédica y microbiológica, sin generar contaminación ambiental. Lo anteriormente acotado puede contribuir a que las NPs-Ag sintetizadas de hoja de romero puedan ser útiles para la conservación de frutas.

**Tabla 2.** Análisis fitoquímico del extracto acuoso, etanólico y acidulado de las hojas de *Rosmarinus officinalis L.*

Ensayos fitoquímicos	Extracto acuoso	Extracto etanólico	Extracto acidulado
Saponinas	Negativo	Negativo	Negativo
Compuestos reductores (reactivo Fehling)	Positivo	Positivo	Positivo
Compuestos fenólicos	Positivo	Positivo	Negativo
Flavonoides	Positivo	Positivo	Negativo
Alcaloides: (ensayo de Dragendorff)	(+++) (++)	(+++) (+)	(+)
Resinas	Negativo	Negativo	Negativo
Terpenoides	Positivo	Positivo	Positivo

(+) Se observa opalescencia, (++) se observa turbidez definida, (+++) existe precipitado

### 3.2 Síntesis de las nanopartículas de plata

El extracto de hoja de romero se mezcló con el nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) para la formación de las nanopartículas metálica por rutas verdes, resultando una solución de color marrón oscuro y olor picante e intenso a un pH 6 y a una temperatura de 65 °C, como se observa en la Figura 2. De todas las concentraciones preparadas (5:5, 5:10, 5:20, 5:30 y 5:40), la mejor concentración de NPs-Ag se obtuvo al día 3, que fue cuando las soluciones se tornaron de color amarillo a marrón oscuro. Estas soluciones preparadas de NPs-Ag se caracterizaron mediante espectroscopia UV-VIS y las que se encontraron dentro del rango manométrico fueron las que presentaron las proporciones de 5:5, 5:10 y 5:20, como se observa en la Tabla 3. Las proporciones de 5:5 y de 5:10 presentaron el mejor comportamiento debido a que la solución de nanoplatina mostró mayor estabilidad en menos tiempo, y porque sus longitudes de ondas se encontraron entre los rangos de 412-418 nm. La proporción 5:5 presentó una longitud de onda de 418 nm al día 1 y de 405 nm al día 5, mientras que la proporción 5:10 la longitud de onda fue de 409 el día 1 y de 412 el día 5.

Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por Vera, Farías y Castañeda (2017), quienes, en su trabajo de investigación sobre la síntesis de nanopartículas metálicas por rutas verdes, usa-

ron la técnica del extracto acuoso del romero y el agente oxonitrato de plata ( $\text{AgNO}$ ) para la formación de NPs-Ag, estimando un tiempo de reacción de 30 minutos, dando como resultado un color amarillo lo cual confirma la formación de las nanopartículas y su aplicación como agente antimicrobiano eficaz.

De igual forma, Salguero y Pilaquina (2017) sintetizaron y caracterizaron nanopartículas de plata preparadas con extracto acuoso de cilantro recubierto con sangre de Drago, observando cambio de color de amarillo a anaranjado cuando se mezcló 10 ml de solución de  $\text{AgNO}_3$  (10 nM) a 60 °C con 2,2 ml del extracto de cilantro.

Del mismo modo, Cardeño y Londoño (2014), usaron el extracto de ajo (*Allium sativum*) como agente reductor, el cual fue hervido y posteriormente le agregaron una solución acuosa de  $\text{AgNO}_3$  a una temperatura de 50 a 60 °C, método con el cual se observó la reducción de los iones de plata en 30 minutos mediante el cambio de color de la solución de dorado a amarillo. Usando el método de resonancia de plasmón de superficie, para evidenciar la presencia de las NPs-Ag los autores realizaron mediciones UV-visible, encontrando los mejores picos en las soluciones preparadas entre las bandas de 400 y 470 nm, siendo estas longitudes de ondas parecidas a las reportadas en el presente estudio.



**Figura 2.** Formación del color marrón oscuro de las NPs-Ag

Al igual que en el estudio realizado por Amaguaña (2018) quien sintetizó nanopartículas de plata a partir de las hojas de sensitiva (*Mimosa albida*), se evidenció la presencia de las nanopartículas de plata cuando la coloración de la solución se tornó de amarillo verdoso a marrón al agregarle la solución de nitrato de plata, mencionando que esta coloración marrón se observa debido a la resonancia de los plasmones superficiales, lo cual se caracteriza por la formación de las nanopartículas.

Como indican Bijanzadeh, Vakili y Khordad (2012) en su estudio sobre la síntesis de nanopartículas de plata usando métodos químicos y caracterizándolo mediante espectroscopia UV-VIS, obser-

varon la superficie del plasmón para las bandas de absorción de las NPs-Ag a longitudes de ondas entre 395 y 425 nm. Santorum (2017), en su estudio sobre la síntesis de NPs-Ag a partir del matico (*Piper aduncun*) mencionó que la presencia de las NPs-Ag se observa durante los picos de absorción máximos a 400 nm, y además acotó que el tamaño y la forma de las nanopartículas provocaron que la banda de absorción se desplace a longitudes de ondas mayores. Todos estos resultados coinciden con los reportados en este estudio, donde se obtuvieron valores de resonancia del plasmón entre 405 y 418 para las proporciones de NPs-Ag sintetizadas con una proporción 5:5 y 5:10 (Tabla 3).

**Tabla 3.** Caracterización de las mejores proporciones de NPs-Ag por espectroscopia UV-VIS

Proporción en volumen (ml)	Día	Longitud de onda ( $\lambda$ (nm))	Absorbancia			Factor de absorción (L/mol.cm)	Concentración (mg/l)		
5:5*	1	418	2,328	2,326	2,329	16,98	34,21	34,27	34,25
	3	405	2,362	2,363	2,362	14,12	34,72	34,75	34,76
5:10*	1	409	2,374	2,373	2,376	12,32	34,61	34,67	34,65
	3	412	2,312	2,317	2,318	14,54	34,50	34,52	34,52
5:20	1	404	2,368	2,367	2,367	16,38	34,78	34,77	34,77
	3	399	2,416	2,417	2,418	15,03	34,84	34,84	34,83

\* Proporciones mejor sintetizadas

En la Figura 3 se puede observar que las nanopartículas de plata en el día 1 (pH 10) presentaron un pico de absorción máxima a una longitud de

ondas de 418 nm con una proporción de 5:5. El día 1 (pH 10) se observó un pico de absorción máxima de longitud de ondas mayor a 409 nm con una pro-

porción 5:10. El día 3, las nanopartículas presentaron un pico de absorbancia máxima de longitud de onda mayor a 405 nm con una proporción de 5:5 (pH 10) y se presentó un pico de absorbancia má-

xima de longitud de ondas mayor a 412 nm con la proporción 5:10 (pH 10). Todos los picos de absorbancia obtenidos son característicos de las NPs-Ag.

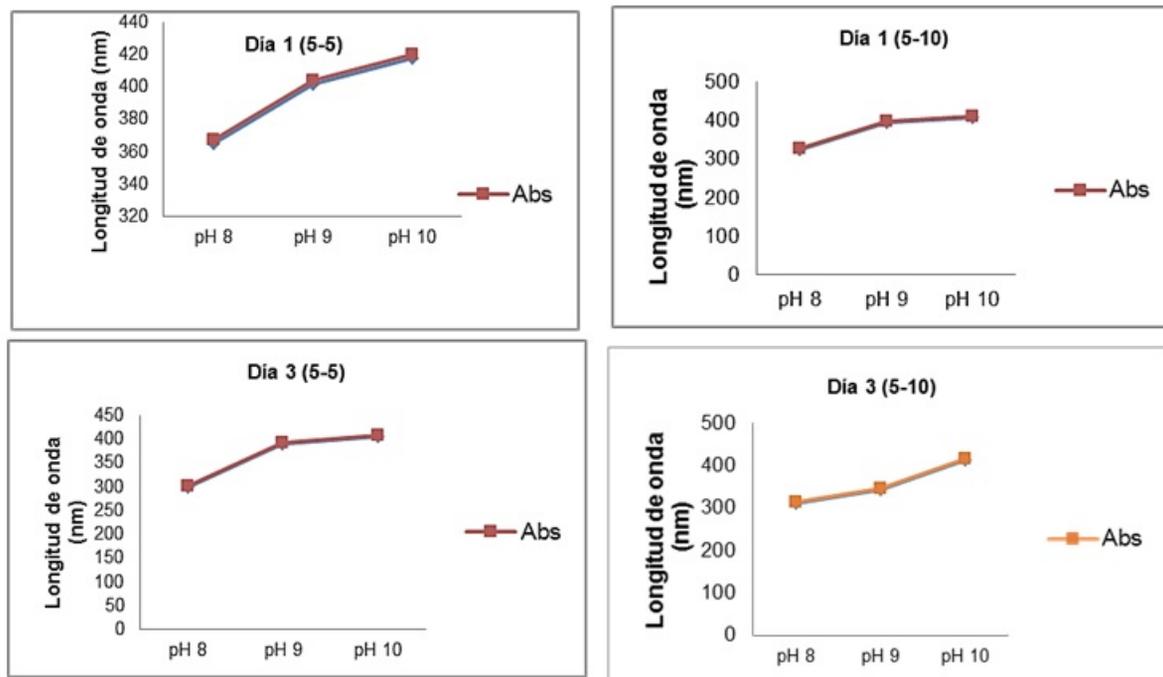


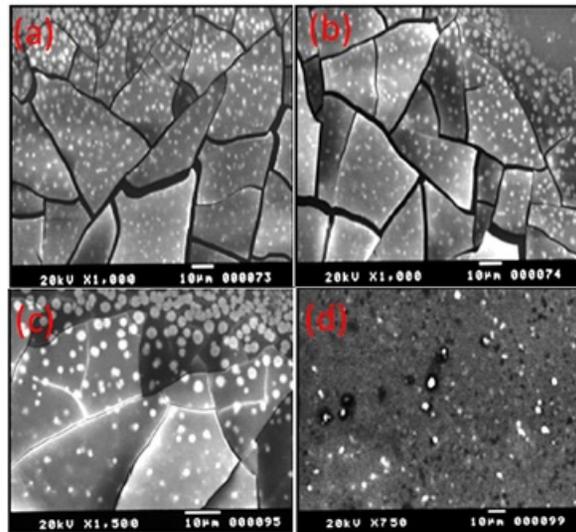
Figura 3. Representación gráfica del análisis espectrofotométrico durante los días 1 y 3 de las proporciones 5-5 y 5-10

Las nanopartículas de plata de las proporciones 5:5 y 5:10 a los 3 y 5 días (Figura 4) se observaron en el microscopio electrónico de barrido como puntos blancos brillantes y redondeados, detectándose las NPs-Ag en mayor cantidad luego de 3 días con un tamaño de 10 nm en la proporción 5:5 y en menor cantidad luego de 5 días con un tamaño de 10 nm en la proporción 5:10. Como expresa Ávalos, Haza y Morales (2013) la forma de las NPs-Ag influye en la actividad antimicrobiana. Además, se ha comprobado que las formas de triángulo truncado son más efectivas que las formas esféricas y alargadas, las cuales por tener más caras tienden a ser más activas contra los microorganismos.

### 3.3 Efectividad antimicrobiana de las NPs-Ag sintetizadas

Se analizó la actividad antimicrobiana de las nanopartículas de plata contra las bacterias *E.coli* y

*S.aureus*. Como se indica en la metodología, las placas de Petri antes de ser inoculadas con las bacterias mencionadas anteriormente se dividieron en tres cuadrantes: a uno de los cuadrantes se le colocó el extracto puro, a otro la solución de nitrato de plata, y al otro las nanopartículas sintetizadas. Los resultados obtenidos para la bacteria *E. coli* fueron un halo con un diámetro de 2,88 mm para el extracto, para el cuadrante cuyo contenido era  $AgNO_3$  un halo de 1,55 mm de diámetro y para las NPs-Ag el diámetro de halo fue de 3,21 mm. Para la bacteria *S. aureus* se obtuvo un halo de 2,12 mm; 1,30 mm y 2,18 mm para el extracto, solución de  $AgNO_3$  y NPs-Ag, respectivamente. La bacteria *E. coli* presentó halos con diámetros mayores en comparación con la bacteria *S aureus* (Figura 5), observándose una mayor eficacia antibacteriana frente a este microorganismo.



**Figura 4.** Observación de las nanopartículas de plata a través del microscopio electrónico de barrido proporciones de 5:5 (3 días (a)), (5 días (b)) y 5:10 (3 días (c)) y (5 días (d))

Monge (2009), expresa que estudios realizados para analizar la actividad antimicrobiana de las nanopartículas de plata sintetizadas frente a los microorganismos *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* han reportado que las nanopartículas inhiben más eficientemente a la bacteria *E. coli*. El microorganismo *E. coli* es una bacteria gramnegativa que cuenta con una capa en la pared celular conformada por fosfolípidos y lipopolisacáridos, una membrana citoplasmática y una fina capa de peptidoglicano, a diferencia de las bacterias grampositivas como el *S. aureus* que posee una gruesa capa de peptidoglicano y membrana plasmática lo cual impide que las nanopartículas sintetizadas ingresen con facilidad al interior de la membrana (Villamizar y Monroy, 2015; Cruz-Monterrosa y col., 2017). Además, Fernández (2017) también menciona que la actividad antibacteriana de las NPs-Ag se asocia con la diferencia estructural en la pared celular de ambas bacterias. Lo anteriormente mencionado explica la razón por la cual la inhibición bacteriana fue más eficiente frente a *E. coli* en comparación a *S. aureus*.

También es importante acotar que los compuestos bioactivos del extracto de la hoja de romero afectan la membrana celular de las bacterias, y la actividad citotóxica afecta directamente la fase mitótica de las bacterias grampositivas y gramnegati-

vas. Los microorganismos tales como *E. coli*, *Listeria monocitogenes*, *Salmonella spp.* y *S. aureus* son susceptibles a los componentes del extracto de romero donde prevalecen compuestos como el ácido cafeico, ácido rosmarínico, carnosol, ácido carnosólico y flavonoides (Avila-Sosa y col., 2011; Centeno y col., 2010).

Otros estudios establecen que la plata es oligodinámica ya que posee la capacidad de producir un efecto bactericida a concentraciones bajas, pues es reactivo a sustancias como proteínas, enzimas, ADN, ARN, entre otros (Monge, 2009; Nair y Laurencin, 2007). Además, Fernández (2017) indica que la actividad antimicrobiana de las NPs-Ag se debe a la acción de los iones de plata que actúan interfiriendo en la respiración celular, y una vez en el interior de la célula alteran su sistema enzimático inhibiendo su metabolismo, provocando que el microorganismo pierda toda capacidad de crecer y reproducirse, causando su muerte. Según Anandalakshmi y Venugobal (2017), la acción bactericida de las nanopartículas de plata contra las bacterias gramnegativas ocurre cuando éstas poseen un tamaño entre 1 y 10 nm. En el presente estudio, como se ha mencionado anteriormente, las NPs-Ag mejor sintetizadas presentaron un tamaño de 10nm.

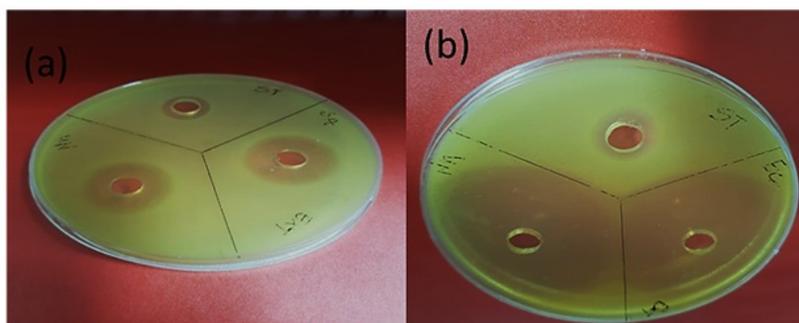


Figura 5. Efectividad antimicrobiana de las nanopartículas de plata contra los microorganismos (a) *S. aureus* y (b) *E. coli*

### 3.4 Aplicación de las nanopartículas de plata en manzana

El ensayo realizado para comprobar la efectividad de las NPs-Ag sintetizadas, usadas como conservante en las manzanas rojas con la cera de abeja, siendo esta normalmente utilizada como conservante pues inhibe el crecimiento microbiano en las frutas, evidenció un resultado positivo. Esto debido a que las NPs-Ag al igual que la cera de abeja retrasaron el proceso de maduración de la fruta, conservando su color y peso inicial desde el día 1 hasta el día 30. Como se observa en la Figura 6, las manza-

nas que no contenían ningún conservante cambiaron su color, perdieron peso y mostraron descomposición después de 30 días de ensayo. Algunos estudios demuestran que las nanopartículas podrían ser aplicadas para proteger alimentos incorporándolas en sus empaques, aunque esta posibilidad todavía está siendo investigada por no existir ninguna legislación sobre la aplicación de NPs-Ag en alimentos. Las nanopartículas podrían aplicarse a un recubrimiento para los frutos o podrían emplearse para la fabricación de materiales de envase activos que protejan a alimentos contra los patógenos (Ávalos, Haza y Morales, 2013; Aguilar, 2009).

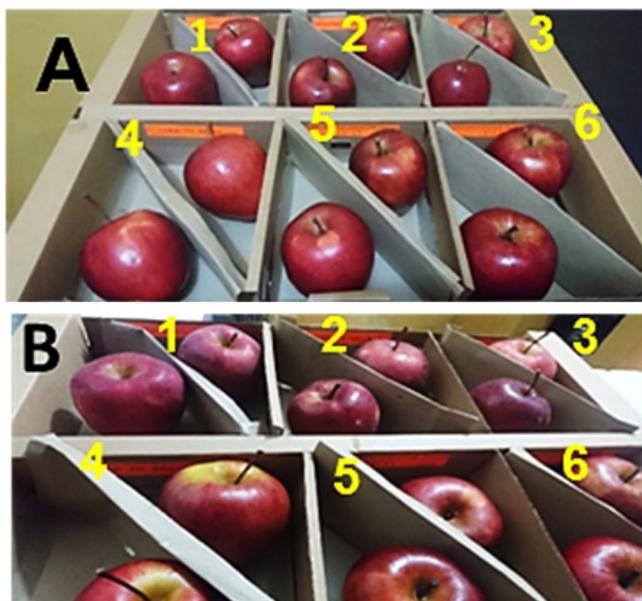


Figura 6. A. Cajas conservadoras con las manzanas al inicio del ensayo y B. Caja conservadora a los 30 días (1 control, 2 NPs-Ag 5:5, 3 NPs-Ag 5:10, 4 cera de abeja, 5 cera de abeja y NPs-Ag 5:5 y 6 cera de abeja y NPs-Ag 5:10)

An y col. (2008), evaluaron los efectos al aplicar un recubrimiento con NPs-Ag en espárragos postcosechados. El recubrimiento redujo la pérdida de peso, mantuvo la firmeza, redujo la pérdida de clorofila y la formación de ácido ascórbico, retardó los cambios del color e inhibió el crecimiento microbiano, aumentando la vida postcosecha de los espárragos 10 días más. Aguilar (2009) en su investigación sintetizó NPs-Ag por reducción química para evaluar la actividad antifúngica *in vitro* e *in situ*, en contra del hongo *Colletotrichum gloesporioides*, hongo causante de la antracnosis de la papaya. Las pruebas *in vitro* mostraron un efecto fungistático del 90% de inhibición, aunque las papayas recubiertas con la película que contenía las nanopartículas de plata presentaron secciones oscuras sobre la superficie, afectando la apariencia del fruto.

En el estudio realizado por Villamizar y Monroy (2015), las NPs-Ag sintetizadas de *Aspergillus flavus* se usaron para la conservación de tomates de árbol y uvillas. Las frutas se empacaron en bolsas de polietileno untadas con las NPs-Ag, observándose la disminución del crecimiento de levaduras y bacterias grampositivas y gramnegativas. Además, Li y col. (2009) en su investigación untaron nanopartículas de plata en un empaque que contenía, dióxido de titanio y kaolin para preservar dátiles chinos, demostrando que los materiales que contenían el empaque mantuvieron la calidad de los frutos por más tiempo en comparación con los frutos empacados en el recipiente normalmente empleado.

## 4 Conclusiones

Se sintetizaron nanopartículas de plata a partir del extracto acuoso de las hojas de romero, y la caracterización cualitativa y cuantitativa de las NPs-Ag obtenidas mediante el análisis fitoquímico demostró la presencia de metabolitos secundarios tales como ácidos fenólicos, flavonoides, terpenoides, y compuestos reductores. El cambio de color de la solución del extracto de hoja de romero de amarillo a marrón oscuro y olor picante e intenso evidenció la formación de las NPs-Ag. La caracterización realizada mediante espectrofotometría UV-VIS demostró que las proporciones 5:5 y 5:10 fueron las mejores debido a que presentaron longitudes de ondas entre 212-418 nm y mayor estabilidad en el tiempo. El análisis mediante microscopía electrónica de ba-

ruido evidenció nanopartículas de forma esférica de 10 nm de diámetro. Las NPs-Ag presentaron mayor inhibición bacteriana frente a la bacteria gramnegativa *E. coli* en comparación con la inhibición bacteriana presentada frente a la grampositiva *S. aureus*. Por otro lado, las NPs-Ag sintetizadas de la hoja de romero usadas como conservante en las manzanas retardaron el proceso de maduración, mantuvieron el peso inicial, e impidieron la contaminación microbiana y la descomposición de la fruta durante 30 días.

## Referencias

- Aguilar, M. (2009). «Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata: efectos sobre *Colletotrichum gloesporioides*». Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Online: <https://bit.ly/3eN2QF9>.
- Amaguaña, P. (2018). «Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata usando como reductor químico el extracto acuoso de las hojas de sensitiva (*Mimosa albida*)». Tesis de Grado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Online: <https://bit.ly/3awSRCy>.
- An, J. y col. (2008). «Physical, chemical and microbiological changes in stored green asparagus spears as affected by coating of silver nanoparticles-PVP». En: *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie* 41.6, 1100-1107. Online: <https://bit.ly/3auhXC5>.
- Anandalakshmi, K. y J. Venugobal (2017). «Green Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles Using *Vitex negundo* (Karu Nochchi) Leaf Extract and its Antibacterial Activity». En: *Medicinal Chemistry* 07.07, 218-225. Online: <https://bit.ly/3xddb5u>.
- Ávalos, A., A. Haza y P. Morales (2013). «Nanopartículas de plata: aplicaciones y riesgos tóxicos para la salud humana y el medio ambiente». En: *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias* 7.2, 1-23. Online: <https://bit.ly/3aW88gu>.
- Avila-Sosa, Raúl y col. (2011). «Romero (*Rosmarinus officinalis* L.): una revisión de sus usos no culinarios». En: *Ciencia y mar* 15.43, 23-36. Online: <https://bit.ly/3h3MGcW>.
- Bauer, W. y col. (1966). «Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method». En: *American Journal of Clinical Pathology* 45.4, 493-496. Online: <https://bit.ly/3veidNr>.

- Belmares, S. y col. (2015). «Síntesis y caracterización de nanopartículas de oro, plata y hierro por el método de fisicoquímica verde». En: *Tercer Foro de Divulgación Científica y Tecnológica*. Online: <https://bit.ly/338D6NT>.
- Bijanzadeh, A, M Vakili y R. Khordad (2012). «A study of the surface plasmon absorption band for nanoparticles». En: *International Journal of Physical Sciences* 7.12, 1943-1948. Online: <https://bit.ly/3dEGqqg>.
- Briones, A. (2017). «Diseño y funcionalidad en sistemas in vivo denanocápsulas líquidas de aceite de romero (*Rosmarinus officinalis* L.)» Tesis de grado. Universidad Veracruzana. Online: <https://bit.ly/2RKwFy2>.
- Cardoño, L. y M. Londoño (2014). «Síntesis verde de nanopartículas de plata mediante el uso de ajo *Allium sativum*». En: *Revista Soluciones de Postgrado* 6.12, 129-140. Online: <https://bit.ly/33cRFzS>.
- Centeno, S. y col. (2010). «Antifungal activity of extracts of *Rosmarinus officinalis* and *Thymus vulgaris* against *Aspergillus flavus* and *A. ochraceus*». En: *Pakistan Journal of Biological Sciences* 13.9, 452-455. Online: <https://bit.ly/3dFe0fH>.
- Chandran, S. y col. (2006). «Synthesis of Gold Nanotriangles and Silver Nanoparticles Using Aloe vera Plant Extract». En: *Biotechnology Progress* 22.2, 577-583. Online: <https://bit.ly/2QPMIug>.
- Cruz-Monterrosa, R. y col. (2017). «Nanotecnología en la industria alimentaria. Nanopartículas usadas en la Conservación de la carne». En: *Agro Productividad* 10.10, 39-46. Online: <https://bit.ly/2QnKKkD>.
- Fernández, B. (2017). «Estudio de las aplicaciones biomédicas de las nanopartículas de plata». Tesis de grado. Universidad de Sevilla. Online: <https://bit.ly/3sCKStO>.
- Flores, C. (2014). «Nanopartículas de plata con potenciales aplicaciones en materiales implantables: síntesis, caracterización fisicoquímica y actividad bactericida». Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata. Online: <https://bit.ly/2QGvgbV>.
- Garmendia, G. y S. Vero (2006). «Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas». En: *Horticultura* 197, 18-27. Online: <https://bit.ly/3xeBJLs>.
- Li, H. y col. (2009). «Effect of nano-packing on preservation quality of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. var. *inermis* (Bunge) Rehd)». En: *Food Chemistry* 114.2, 547-552. Online: <https://bit.ly/3sHOf2F>.
- Madrid, A. (2017). «Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata a partir de varios extractos pigmentados de dos plantas para su aplicación en celdas solares híbridas». Tesis de grado. ES-PE. Online: <https://bit.ly/3aZwHcl>.
- Martínez, M., E. Zuñiga y A. Sanchez (2013). «Método de síntesis de nanopartículas de plata adaptable a laboratorios de docencia relacionado con la nanotecnología». En: *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología* 6.10. Online: <https://bit.ly/3ncvpiY>.
- Monge, M. (2009). «Nanopartículas de plata: métodos de síntesis en disolución y propiedades bactericidas». En: *Anales de la Real Sociedad Española de Química* 105.1, 33-41. Online: <https://bit.ly/3aZgMdZ>.
- Nair, L. y C. Laurencin (2007). «Silver Nanoparticles: Synthesis and Therapeutic Applications». En: *Journal of Biomedical Nanotechnology* 3.4, 301-316. Online: <https://bit.ly/3sCZd9C>.
- Pardo de Santayana, M. (2018). «Nanotecnología y Alimentación.» Trabajo fin de Grado. Universidad Complutense de Madrid. Online: <https://bit.ly/2Rn4R2N>.
- Purca, P. (2013). «Efectividad antibacteriana "in vitro" del extracto de *Rosmarinus officinalis* (romero) sobre flora salival». Tesis de grado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Online: <https://bit.ly/3vfogRY>.
- Rodríguez, M. y col. (2013). «Mechanical and barrier properties of film elaborated with rice and banana flour reinforced with nanoparticles: study with response surface». En: *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 12.1, 165-176. Online: <https://bit.ly/3aUW8f5>.
- Salguero, S. y F. Pilaquinga (2017). «Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata preparadas con extracto acuoso de cilantro (*Coriandrum sativum*) y recubiertas con látex de sangre de drago (*Croton lechleri*)». Tesis de Maestría. Pontificia Universidad Católica. Online: <https://bit.ly/32EIoAx>.
- Sánchez, M. (2017). «Nanopartículas de plata: Preparación, caracterización y propiedades con aplicación en inocuidad de los alimentos». Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Educación a distancia. Online: <https://bit.ly/3tWdpMx>.

- Santorum, N. (2017). «Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata empleando el extracto de las hojas de Matico (*Piper adumcun*) como un agente reductor». Tesis de grado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Online: <https://bit.ly/3vcarn1>.
- Thiruvengadam, M., G. Rajakumar e Ill-M. Chung (2018). «Nanotechnology: current uses and future applications in the food industry». En: *3 Biotech* 8.74, 1-13. Online: <https://bit.ly/33dyV3y>.
- Torres, I. (2017). «Síntesis verde y caracterización de nanopartículas de oro y plata mediante el uso de algunas plantas endémicas del Ecuador». Tesis de Grado. Escuela Politécnica Nacional. Online: <https://bit.ly/3gyO0Er>.
- Vázquez, M. y L. Blandón (2014). «Comportamiento antimicrobiano de nanopartículas de plata sintetizadas electroquímicamente». En: *Cuaderno Activa* 6.1, 99-107. Online: <https://bit.ly/3xgdaxN>.
- Vera, G., L. Farías y A. Castañeda (2017). «Síntesis de Nanopartículas Metálicas por Rutas Verdes». En: *Journal of Bioprocess and Chemical Technology. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila* 9.19, 15-20. Online: <https://bit.ly/2S0ZEhv>.
- Villamizar, G. y P. Monroy (2015). «Uso de Nanopartículas de plata en el control de microorganismos patógenos presentes en alimentos». En: *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria* 13.1, 54-59. Online: <https://bit.ly/3nHIXDs>.



# ESPACIOS DE FORMACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN AGROECOLÓGICA: LECCIONES APRENDIDAS EN LA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

## AGROECOLOGICAL MARKETING AND TRAINING SPACES: LESSONS LEARNED AT UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

Xavier León-Vega<sup>\*1</sup>, Jaime Pazmiño-Mayorga<sup>2</sup>, Ramiro Vivas-Vivas<sup>2</sup> y  
Darío Cepeda-Bastidas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Área de Salud. Universidad Andina Simón Bolívar, Toledo N22-80, Quito, Ecuador.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Central del Ecuador, Av. Universitaria, Quito, Ecuador.

\*Autor para correspondencia: [xavierobjeto@gmail.com](mailto:xavierobjeto@gmail.com)

Manuscrito recibido el 19 de marzo de 2020. Aceptado, tras revisión, el 25 de febrero de 2021. Publicado el 1 de marzo de 2022.

### Resumen

Los espacios de comercialización agroecológica se han expandido en el país, debido a la importancia que los productores y consumidores le están dando al origen y la forma de producción de los alimentos. Sin embargo, poco se ha estudiado sobre la interacción entre consumidores y productores en las ferias, y cómo éstas se convierten en espacios de aprendizaje y comercialización para ambos actores. Por ello, se analizó la feria de la Universidad Central del Ecuador, ya que es uno de los pocos casos en el país que es impulsado por un establecimiento educativo. Para lo cual se planteó indicar las principales lecciones aprendidas de la feria, como un espacio de formación y comercialización entre estudiantes, productores y consumidores. Se emplearon diversas técnicas de recolección de datos, como entrevistas, encuestas y revisión bibliográfica sobre agroecología, mercados agroecológicos, circuitos cortos, redes y comercialización agroecológica. Se aplicaron dos encuestas a los consumidores de la feria. La primera encuesta fue realizada a los consumidores frecuentes en los primeros seis meses de funcionamiento, y la segunda encuesta después de un año, una vez que la feria estaba funcionando regularmente, para corroborar sus preferencias de consumo. Los principales resultados indican que los consumidores son en su mayoría jóvenes y mujeres, que perciben a los productos agroecológicos como más sanos y naturales, lo cual influye en sus preferencias de compra. Se recomienda para futuras investigaciones de la Universidad profundizar en los roles, conocimientos y procesos de decisión inmersos en el consumo de productos agroecológicos.

**Palabras clave:** Mercados agroecológicos, agroecología, consumidores, productores, feria agroecológica, espacios de comercialización.

---

**Abstract**

Agroecological marketing spaces have expanded in the country, due to the importance that both consumers and producers are giving to this kind of production. However, the interaction that occurs between consumers and producers at fairs and how the latter become a pedagogical space for both of them has not been studied in depth. Therefore, the fair at Universidad Central del Ecuador was analyzed. Various research techniques were used, mainly interviews, surveys and bibliographic review on agroecology, agroecological markets, short agroecological networks and marketing. Two surveys were applied to consumers in the agro-ecological fair at Universidad Central del Ecuador. The first survey was applied to frequent consumers. The second one was applied to the same actors, once the fair was consolidated, to corroborate their preferences. This article aims to answer the following question: What have been the main lessons learned from the fair, as both a training and marketing a space for students, producers and consumers? The main conclusions show that the creation of the fair at Universidad Central represents an encounter between agroecology, education and social transformation within the academic curriculum, which also allows to identify the elements of environmental education that are implemented in the current educational project. It was also concluded that consumers prefer agroecological products for health reasons, since they consider these products are cleaner than conventional ones. Finally, regarding the challenges and limitations of the study, it is worth mentioning the need to compare similar experiences with other educational centers, to generate joint learning experiences about these fairs.

**Keywords:** Agroecological markets, agroecology, consumers, producers, agroecological fair, marketing spaces.

---

Forma sugerida de citar: León-Vega, X., Pazmiño-Mayorga, J., Vivas-Vivas, R. y Cepeda-Bastidas, D. (2022). Espacios de formación y comercialización agroecológica: Lecciones aprendidas en la Universidad Central del Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 35(1):59-71. <http://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.05>.

---

IDs Orcid:

Xavier León-Vega: <https://orcid.org/0000-0002-6319-4717>

Jaime Pazmiño-Mayorga: <https://orcid.org/0000-0002-7728-1133>

Ramiro Vivas-Vivas: <https://orcid.org/0000-0002-3319-8725>

Darío Cepeda-Bastidas: <https://orcid.org/0000-0002-2527-0969>

## 1 Introducción

La comercialización agroecológica se ha extendido a todo el Ecuador en los últimos 15 años desde el surgimiento de las primeras redes de comercialización (Intriago y Amézcuca, 2016). De acuerdo con el inventario realizado en el año 2014 por la oficina de Redes Comerciales del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), como parte del proyecto Circuitos Alternativos de Comercialización (CIALCO), se registraron 210 puntos de comercialización a nivel nacional entre las cuales se incluyen ferias, canastas y tiendas. Estos puntos de comercialización se realizan mayoritariamente en la Región Sierra con 154 comerciantes, seguida de la Región Costa con 53, el Oriente con 18 y finalmente Galápagos con tres (HEIFER, 2014). Los puntos de comercialización se generan por la creciente preocupación del consumidor respecto al origen y la forma en que se producen los alimentos que consume. A nivel nacional esta preocupación ha permitido que existan diversas, ferias, canastas, tiendas entre otras formas de comercialización de productos agroecológicos, principalmente a una escala local (ciudades, barrios y parroquias), lideradas en mayor parte por mujeres (Macas y Echarry, 2009) y en muchos casos con el apoyo de Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), Organizaciones No Gubernamentales (ONG) y universidades. Estas últimas aprovechan también estos espacios para la formación de sus estudiantes, consumidores y productores.

La Universidad Central del Ecuador (UCE) se planteó a partir del año 2017 la creación de una feria agroecológica bajo dos objetivos: 1) Desarrollar un espacio de comercialización de la producción de alimentos obtenidos de las fincas de la Facultad de Ciencias Agrícolas, y 2) Crear un entorno de formación para sus estudiantes con el fin de incentivar la producción agroecológica como alternativa a la producción convencional. La producción convencional moderna está caracterizada por el uso intensivo de agroquímicos y monocultivos, siendo considerada en la actualidad como no sustentable, en contraste con la producción agroecológica que promueve una producción con mayor diversificación y sin uso de agroquímicos siendo más sustentable económicamente, ecológicamente más amigable con el ambiente y con productos más saludables para el ser humano (Rosset, 1998).

La feria de la UCE es parte de los denominados Circuitos Cortos de Comercialización (CCC) o Circuitos Alimentarios de Proximidad (CIALP), entendidos como espacios de relación entre los campesinos o agricultores, los mercados y los territorios, donde se comercializan productos sin intermediación, provenientes de lugares cercanos y basados en la confianza entre productores y consumidores (Ranaboldo y Arosio, 2016; Heinisch, 2017.). Para el caso de la feria de la UCE, este CCC o CIALP está basado en la producción bajo los principios de la agroecología, la cual es entendida por varios autores como el manejo y aplicación de principios ecológicos en los agrosistemas, que mejora la capacidad de retención de nutrientes del suelo con plantas más resistentes a las plagas y enfermedades, teniendo una relación entre ciencia, práctica y diálogo de saberes que busca transformar el sistema agroalimentario actual (Altieri, 2002; Altieri, 2009a; Gliessman, 2015; Minga, 2016). También se define como una ciencia y un conjunto de prácticas para la construcción de un agroecosistema saludable y sostenible (Castillo, 2002; Altieri y Toledo, 2011; Altieri y Nicholls, 2012).

Las ferias agroecológicas como la de la UCE son espacios de comercialización alternativa donde la relación productor-consumidor se hace en forma directa, favoreciendo a la soberanía alimentaria, la sostenibilidad ambiental y produciendo una relación equitativa entre ruralidad y urbanidad (Contreras Diaz, Paredes Chauca y Turbay Ceballos, 2017). En estas ferias se expenden productos diversos que son cultivados en su mayoría por los campesinos, razón por la cual los supermercados no tienen acceso a este tipo de productos (Intriago y Amézcuca, 2016). Son espacios que promueven relaciones justas entre productores y consumidores (Lacroix y Cheng, 2014). Tomando en cuenta estos antecedentes, en este estudio se pueden definir a las ferias agroecológicas como espacios de comercialización de la producción de origen agroecológica de campesinos y productores. Estos espacios de comercialización están enmarcados dentro de las denominadas Redes Alimentarias Alternativas (RAA), los CCC o CIALP (Heinisch, 2017. Goodman y Goodman, 2009).

Las ferias agroecológicas dan la posibilidad al pequeño productor de aumentar sus producciones al poder ofertar sus productos en los CCC o CIALP,

lo que produce un aumento de ingresos económicos al productor y al mismo tiempo garantiza alimentos más sanos y limpios a los consumidores, aportando una circulación sostenible de los alimentos (Contreras Diaz, Paredes Chauca y Turbay Ceballos, 2017). Los CCC o CIALP se convierten en otra opción de obtener alimentos frente a los supermercados, cadenas largas agroalimentarias y producción convencional (Chauveau y col., 2010).

En varios países de Europa, por ejemplo, estos productos presentan una preferencia creciente de los consumidores, debido a que se considera que son de mayor calidad y tienen un menor impacto ambiental que los productos agroindustriales (Renting, Marsden y Banks, 2003). Las ferias agroecológicas forman también parte de las RAA, las cuales son entendidas como espacios de la economía alimentaria que incluyen los alimentos agroecológicos, de comercio justo y locales; estas redes se caracterizan por estar relacionadas espacial, económica y socialmente (Goodman y Goodman, 2009). Estos espacios de comercialización de productos agroecológicos a través de las RAA, CCC o CIALP pueden generar articulaciones entre individuos preocupados por el origen de los alimentos, que fomenten en el futuro nuevas formas de acceso a los alimentos y que respondan a un consumo más responsable (Soler y Pérez, 2013). Así, los consumidores proponen que las redes de comercio alternativo estén acompañadas de una formación en temas de alimentación. Incluso, en ciertos casos han logrado transformar a los consumidores también en productores de algunos de sus alimentos, a través de iniciativas de agricultura urbana y periurbana (López, 2011).

Bajo los criterios anteriores, la carrera de Ingeniería Agronómica para conseguir un proceso educativo coherente donde se articule la enseñanza - aprendizaje dentro de la UCE con la participación activa de productores y consumidores implementó la feria agroecológica basada en tres pilares fundamentales: 1) La agroecología entendida como un proyecto educativo que involucra la transformación de las prácticas agrícolas, haciéndolas participativas al integrar al productor con la naturaleza y el consumidor con el fin de hacer de la agricultura una actividad sustentable y de acuerdo a las seis finalidades de educación ambiental: conciencia, conocimientos, actitudes, aptitudes, evaluación y participación, mencionados por Galiano y García

(2002). 2) Una educación liberadora con base a una práctica educativa que cultiva, fomenta e integra las aspiraciones del ser humano dentro de la sociedad. 3) La transformación de la sociedad concebida como una práctica de diálogo entre ciencias y saberes, donde la construcción del conocimiento es colectiva. Por lo anteriormente mencionado, el proceso educativo en la Facultad de Ciencias Agrícolas se entiende como un proceso relacional, es decir, existe un diálogo permanente entre profesor y estudiante, asumiendo que ese diálogo es situacional, que va más allá de la simple relación entre personas y se convierte en una relación con la realidad de una sociedad dentro de un contexto histórico cultural. Es por lo antes señalado que la práctica metodológica rompe la tradicional concepción de la educación en el aspecto conocido como extensión agraria o práctica pre profesional basado en las técnicas de revolución verde.

De acuerdo a Sverdlick (2007), la investigación viabiliza el proceso educativo, partiendo de los saberes empíricos que llevan implícitos conocimientos teóricos-científicos y estos a su vez han sido originados por saberes empíricos. Es por esto que la malla curricular entrelaza teoría-práctica, dando respuesta a la demanda de la sociedad de tener una agricultura sustentable. El fin último de la feria es promover los procesos que lleven a la carrera a la implantación del modelo agroecológico, mediante la inclusión en el proyecto educativo de educación ambiental entendida como un proceso de relación, conciencia ambiental, conocimiento ecológico y aplicación de actitudes y valores del ser humano con su ambiente, para la generación de procesos que contribuyan a la sostenibilidad del ecosistema (Castillo, 2010); esto solo es posible únicamente si la comunidad educativa siente la necesidad de transformar la realidad, es decir, llegar a la concientización colectiva, para que el modelo agroecológico no sea una imposición sino una alternativa de solución a la degradación del ecosistema, permitiendo una praxis transformadora.

En este artículo se propone presentar las principales lecciones aprendidas de la feria de la UCE implementada como un espacio de formación y comercialización de productos agroecológicos entre los estudiantes, productores y consumidores. Para ello, se propone analizar los principales aprendizajes y resultados generados en la feria desde su crea-

ción, ya que es uno de los pocos casos en el país que es impulsado por un establecimiento educativo, donde se da una interacción que incluye tanto a productores (que en este caso son al mismo tiempo estudiantes), consumidores y la participación de docentes.

## 2 Materiales y Métodos

Se emplearon técnicas cualitativas y cuantitativas de manera combinada. En primer lugar, se realizó una investigación bibliográfica dentro de las diversas bases de revistas científicas (Jstor, Taylor & Francis, Scopus), bibliotecas virtuales (digitalia, elibro) y repositorios universitarios (UCE, Universidad Politécnica Salesiana y Universidad Andina). El enfoque utilizado se basó en los espacios de comercialización agroecológica para la formación, por lo cual los criterios de búsqueda utilizados fueron: Ecuador, agroecología, ferias agroecológicas, mercados agroecológicos, soberanía alimentaria y redes/circuitos de comercialización alternativa. El resultado de esta revisión generó un total de 40 fuentes de información, distribuidos en 23 artículos de revistas científicas de corriente principal, ocho artículos específicos referentes a la temática, siete textos de libros y dos documentos de investigación (tesis pregrado) sobre mercados agroecológicos, CCC y RAA principalmente. Cabe mencionar que no se encontró información específica referente a las ferias agroecológicas como espacios de formación.

Se recopiló adicionalmente información de los consumidores de la feria agroecológica de la UCE por medio de dos encuestas y en diferentes momentos. La primera encuesta al inicio de la feria entre enero y marzo del 2018 y la segunda entre octubre y diciembre 2019, una vez que la feria estaba funcionando regularmente, para corroborar sus preferencias de consumo. La primera encuesta tuvo dos secciones: 1. Características del consumidor y 2. Características del producto demandado. Esta encuesta consistió en 88 preguntas que contempló aspectos como la edad y sexo de los consumidores, así como frecuencias y cantidades de compra de productos de mayor consumo en la feria y fue aplicada a los consumidores frecuentes de la feria. La segunda encuesta contempló aspectos complementarios por medio de tres preguntas, las cuales estaban relacionadas con las motivaciones de la compra

en la feria, procedencia del consumidor (docente de la UCE, empleado de la UCE, estudiante o externo a la UCE), así como el grado de conocimiento de lo que es un producto agroecológico. Ambas encuestas fueron aplicadas a 35 consumidores de un grupo total de 120 consumidores semanales promedio. Se seleccionaron los consumidores al azar durante la primera hora de feria (el horario de funcionamiento es de: 10:00 a 13:00), debido a que es en este rango de tiempo donde existe mayor afluencia de consumidores. Cabe mencionar que en cada una de las encuestas existió representación de los distintos miembros de la comunidad universitaria (docentes, administrativos / trabajadores y estudiantes), así como de personas externas a la UCE.

Posteriormente, se realizaron reuniones con los coordinadores de las ferias agroecológicas de la ciudad de Quito, (feria "La Carolina", feria "Universidad Andina Simón Bolívar", feria "Carcelén") con la finalidad de conocer sus experiencias y compararlas con la feria de la UCE. La información de las ferias y las encuestas aplicadas, así como la información bibliográfica, sirvieron de base para determinar la potencialidad de las ferias agroecológicas como espacios de formación para consumidores y productores.

## 3 Resultados

En la feria agroecológica de la UCE participa la comunidad educativa, lo que permite realizar el estudio de las diferentes variables de producción y comercialización agroecológica en un entorno social y académico. La Figura 1 muestra los grupos etarios de los consumidores que asisten a la misma. Se observó que el promedio de edad es de 41 años, comprendiendo edades entre 22 y 73 años. La mayoría de los consumidores están en el rango entre 40 a 70 años.

La Figura 2 muestra los ingresos mensuales promedio de los consumidores, siendo estos en su mayoría entre 500 USD y 1000 USD que representa el 54,29%, seguido de ingresos de más de 1000 USD con un 37,14%, y menos de 500 USD con un 8,57%. Estos resultados sitúan a la mayoría de los asistentes a la feria en la clase media, entendida esta como la que tiene un cierto grado de estabilidad económica y puede costear la canasta básica (Orellana y Osorio, 2014).

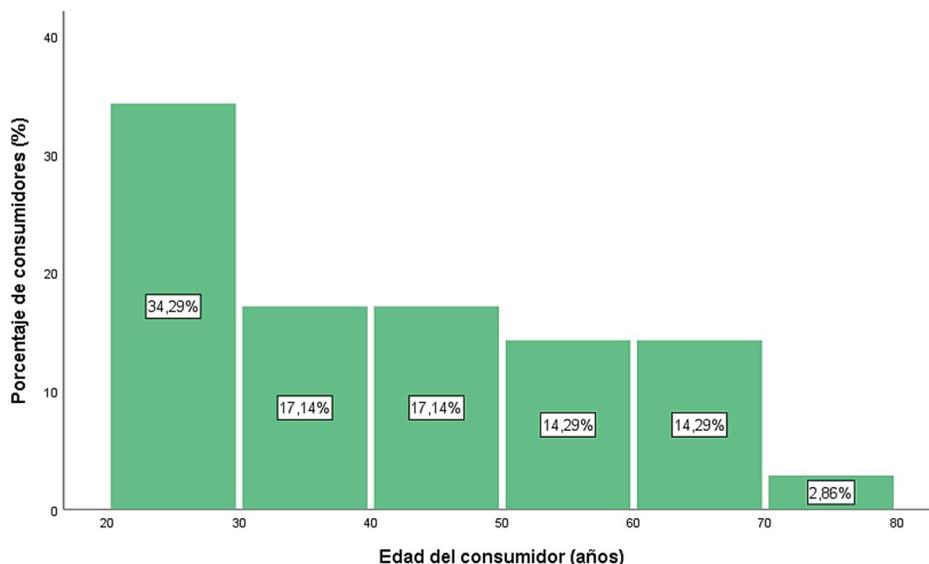


Figura 1. Grupos etarios de los consumidores de la feria de la UCE.

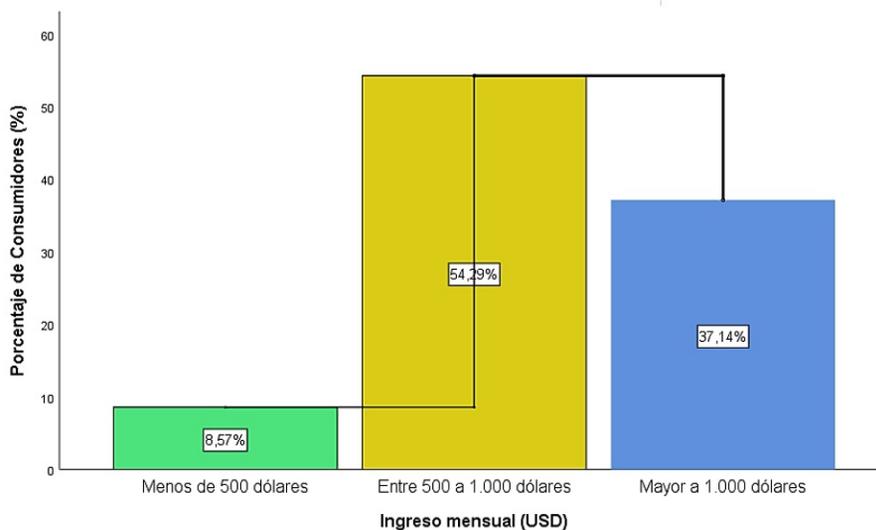


Figura 2. Ingreso promedio familiar de los consumidores que asisten a la feria de la UCE.

La mayoría de los consumidores fueron estudiantes y empleados administrativos de la UCE con un 36,67% y 30,00% respectivamente; en tercer lugar se encuentran los consumidores externos que se componen de los residentes de los alrededores de la UCE con un 26,67%, y finalmente docentes de la UCE (6,67%) como se puede ver en la Figura 3. Estos datos indican que los estudiantes, de los cuales un 60% son mujeres, son un actor importante

dentro del consumo de la producción agroecológica de la finca de la UCE, lo que podría generar una dinámica de comercio orientada a este grupo de consumidores dentro y fuera del campus universitario. Lo anteriormente señalado indica que la feria se ha constituido en un espacio en donde se comparten conocimientos y experiencias entre productores y consumidores, entre ellos docentes, estudiantes, trabajadores y consumidores internos y externos

dentro de un marco de producción responsable y saludable. Por otro lado, los resultados muestran que la asistencia a las ferias estuvo comprendida en su mayoría de mujeres con un 71,4% respecto a los hombres. Esto puede deberse a que las mujeres tienen una mayor atención por una alimentación saludable proveniente de productos agroecológicos

con respecto a los hombres. Este resultado indica que es importante un mayor esfuerzo de trabajo de concientización en hombres para que haya una participación más activa en las ferias e incentiven un mayor consumo de alimentos agroecológicos.

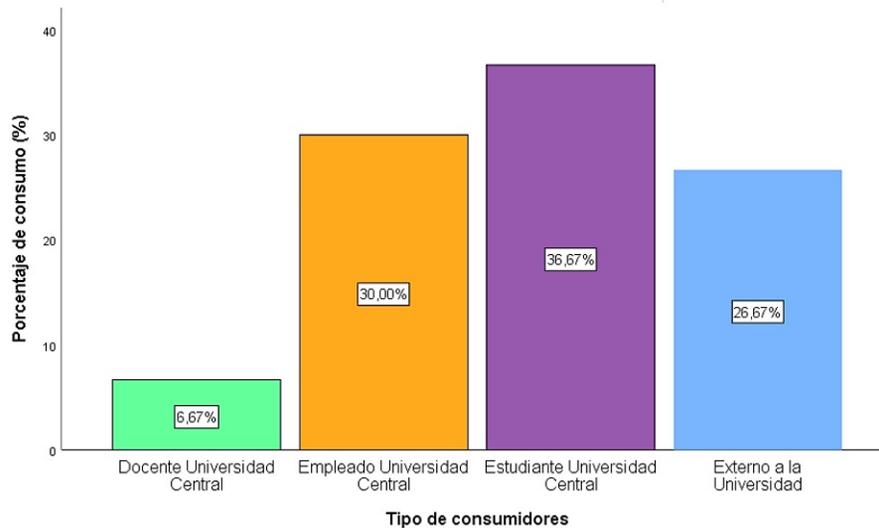


Figura 3. Consumo relativo de productos agroecológicos en la feria de la UCE.

Los consumidores de la feria también mostraron un buen conocimiento sobre lo que es un producto agroecológico. En la Figura 4 se puede observar que el 60,00% de los consumidores relacionaron los productos agroecológicos con la producción de alimentos sin químicos, el 20,00% con productos naturales, el 13,3% con productos provenientes de un agroecosistema sostenible, y el 6,67% con productos sin manipulación genética.

Los resultados de la Figura 4 fueron las definiciones más comunes en los consumidores sobre lo que consideraban era un producto agroecológico. En estas definiciones llama la atención la ausencia de elementos socioeconómicos en las mismas, tales como una mayor justicia social de la forma de producción o los principios de la agroecología. Esta ausencia indica que es necesaria una mayor formación en la propuesta social y política de la producción agroecológica en los consumidores, pero también que los conocimientos actuales sobre el producto agroecológico pueden ser aprovechados

para promocionar a futuro ferias de comercialización.

Como se puede ver en la Figura 5, los resultados mostraron que las principales motivaciones de los consumidores para adquirir los productos en la feria fueron principalmente por ser agroecológicos u orgánicos en un 50,00%, seguido del precio en un 25,00%, por salud (17,50%), por otro motivo (5,00%) y por la confianza en la UCE (2,50%).

En referencia a la preferencia de compra, se debe mencionar que los productos generalmente ofertados en la feria de la UCE están constituidos por una variedad de verduras y hortalizas, entre las cuales se puede mencionar ciertos productos marcadores, es decir aquellos que exige la demanda y que su producción es continua en el Centro Académico Experimental "La Tola" (CADET) como: el tomate riñón, tomate de árbol, choclo, zanahoria, pimiento y derivados lácteos (yogurt); la comercialización en el día en que se realiza la feria termina siempre y

cuando todos los productos ofertados se han vendido. No se dispone de productos elaborados a excepción del yogurt, de una diversidad de hortalizas y de frutas. Probablemente de incrementarse la ofer-

ta, sería necesario realizar eventos de formación con los consumidores para incentivar el consumo de los nuevos productos.

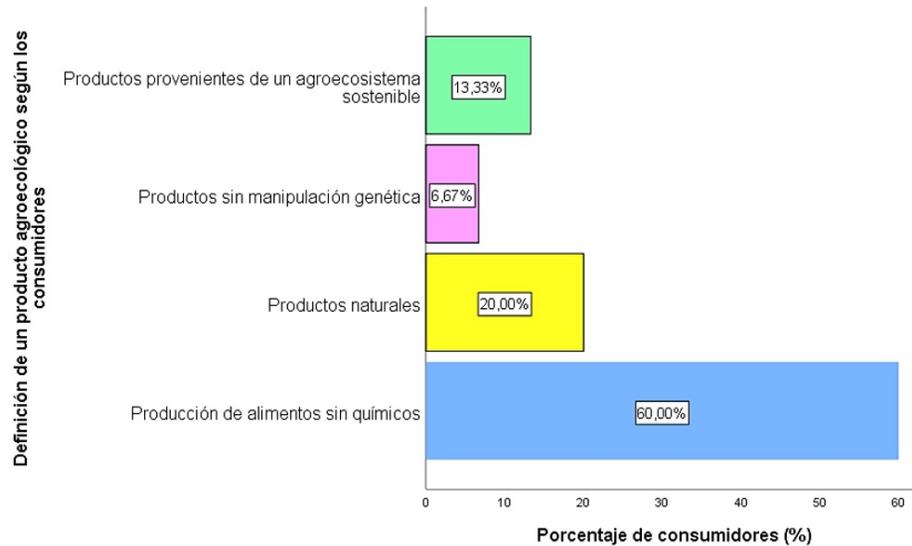


Figura 4. Frecuencia relativa de la definición de un producto agroecológico según los consumidores de la feria de la UCE.

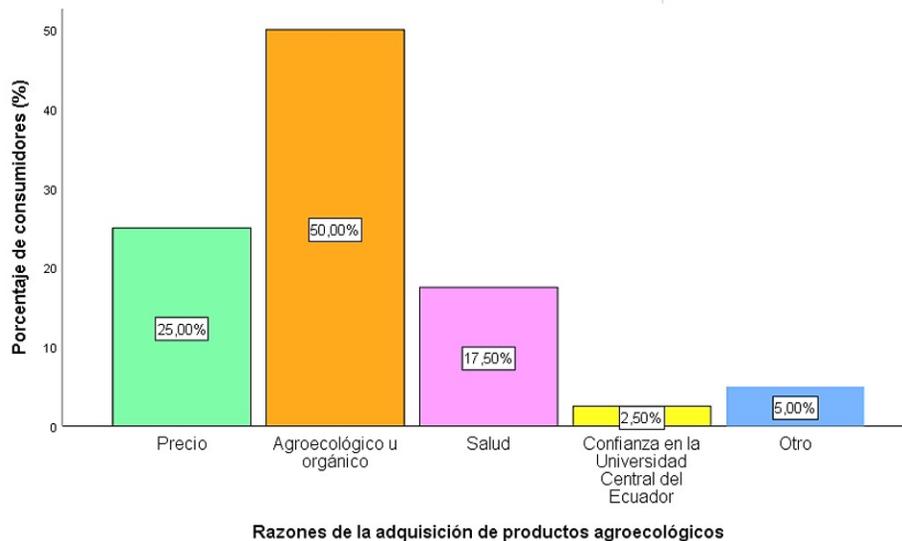


Figura 5. Motivación de compra de los productos en la feria de la UCE.

Este intercambio de conocimientos y experiencias sobre educación ambiental y de herramientas para la vida permite que los estudiantes de la Ca-

rrera de Ingeniería Agronómica de la UCE contribuyan a la construcción de la soberanía alimentaria del Ecuador, acorde a Navarrete y Madoery (2017) y

en la declaración de La Nyéléni Selingue (2007), en donde se menciona que el enfoque agroecológico es un pilar fundamental para la construcción de la soberanía alimentaria. Los estudiantes con ayuda de los docentes aplican los conceptos de agroecología en la feria con la finalidad de conseguir lo que Altieri (2009b) y Escandón (2012), mencionan respecto a que se promueva el equilibrio biológico, disminuyendo los ciclos de plagas y enfermedades, los riesgos productivos y económicos e incrementando los rendimientos y contribuyendo al mismo tiempo a la conservación de suelos y agrobiodiversidad.

## 4 Discusión

La alternativa desde los circuitos cortos ya se empieza a discutir fuertemente como una forma de reemplazar el sistema de distribución urbano de alimentos dominado por los supermercados, que controlan el abastecimiento en las ciudades, apoyados por los principios de la soberanía alimentaria, que propone el acceso a alimentos más sanos, culturalmente adecuados y producidos agroecológicamente (Rosset, 2003). En España, por ejemplo, más del 25% de los consumidores se abastecen de sus alimentos en los comercios tradicionales y otros circuitos alternativos (MAGAP, 2016), lo cual es un porcentaje importante que puede crecer con la presencia de más grupos de consumo responsable. Sin embargo, la articulación de los consumidores de productos agroecológicos frente a la oferta es todavía baja, pero está creciendo debido a la preocupación cada vez mayor de los consumidores por los efectos de los alimentos procesados en su salud. Por ejemplo, cada vez es más frecuente encontrar en las ciudades movimientos sociales que reivindican justicia en la alimentación, comercio y alimentación justa, por un mayor acceso a alimentos orgánicos, comida lenta o *slow food*, entre otros (Harper y col., 2009), los cuales abogan por un abastecimiento directo entre consumidores y productores.

En la actualidad, la ciudad como el territorio donde residen la mayor cantidad de consumidores, se está convirtiendo en un espacio en disputa con el modelo de producción basado en el agronegocio y del sistema agroalimentario global (SAG) (León-Vega, 2018). En este territorio, los consumidores desempeñan un rol esencial en la construcción de nuevas formas de acceso a los alimentos, presionan-

do por la recuperación de los espacios de comercio entre productores y consumidores (mercados populares, ferias agroecológicas), y con esto a la vez aportan a la construcción de la soberanía alimentaria, a través del fortalecimiento de los derechos de consumidores y productores (Harcourt, 2008).

En lo que se refiere a la ciudad de Quito, la preocupación por parte de los consumidores ha desembocado en la firma del Pacto Agroalimentario de Quito (PAQ), conformado por consumidores, academia, organismos de cooperación entre otros actores, con el fin de colaborar en la formulación de políticas públicas para la alimentación (ConQuito, 2018).

En el Distrito Metropolitano de Quito se encuentran dos grupos de productores de alimentos orgánicos/agroecológicos avalados legalmente: La Corporación Ecuatoriana de Agricultores Biológicos (PROBIO) y el Programa de Agricultura Urbana Participativa (AGRUPAR), impulsada por la Agencia de Promoción Económica de Quito (ConQuito) (Chamorro, 2015). Por un lado, PROBIO (2013) citado en (García, 2017), indica que los circuitos de ferias agroecológicas son organizados por los feriantes y trabajan bajo el sistema participativo de garantías (SPG) (ConQuito, 2016), y que las bioferias son espacios de comercialización alternativa donde los agricultores ofertan productos orgánicos a precio justo y en forma directa al consumidor. Se debe mencionar que en Quito existen más ferias, sin embargo, no están registradas legalmente o su funcionamiento es esporádico.

La producción y el mercadeo de productos orgánicos/agroecológicos en los CCC o CIALP en Quito han provocado beneficios socio-económicos en productores y consumidores. Los productos de los huertos de los agricultores les genera ahorros por el auto consumo y les permite tener ingresos económicos por la venta de los excedentes de 127 USD en promedio por familia, así también, fomenta la participación de la mujer en el proceso productivo; mientras tanto, los consumidores adquieren alimentos sanos a precios accesibles reduciendo sus gastos en salud, contribuyendo al desarrollo del comercio justo y la conservación de los ecosistemas (Clavijo, 2013). En este sentido, Sotomayor (2013), menciona que la Feria Agroecológica Arte y Cultura "La Carolina" es la primera feria de este tipo

en el país, nacida en mayo de 2008; su objetivo es la venta de alimentos y artesanías con base en la producción agroecológica. Con respecto a los consumidores de esta feria, Sotomayor (2013), indica que existen tres grupos: consumidores frecuentes, consumidores ocasionales y los consumidores que asisten por primera vez. Sotomayor (2013), afirma que las motivaciones para asistir a la feria se enmarcan en tres factores principales: 1) La oferta de productos sanos, frescos, naturales, orgánicos y agroecológicos; 2) El espacio inclusivo donde confluyen todo tipo de personas con las que se puede conversar, compartir y disfrutar; y, 3) La relación consumidor-productor basada en el comercio justo, economía solidaria y soberanía alimentaria.

Por otro lado, Basabe, Durango y Manrique (2016), indican que la Cooperativa Zapallo Verde (CZV) lleva en el mercado más de una década, y su objetivo principal es vender directamente sus productos a los consumidores de una manera responsable, solidaria y participativa. Los productos que ofrece son según las épocas de cosecha y producidos bajo técnicas agroecológicas. La cooperativa se encuentra estructurada por coordinadores, consumidores y productores. La CZV tiene como objetivos una producción agroecológica que promueve la producción local y de comercio con circuitos cortos, propiciando el pago justo y la participación directa de los productores en la cadena de comercio.

Siguiendo la misma línea, Romero (2015) señala que la feria Plaza Cívica Eloy Alfaro es la primera que incursionó en el sur de Quito en el año de 2007; consta de 20 participantes pertenecientes a 11 huertos de entre 200 y 1000 m<sup>2</sup> que producen legumbres, granos y productos procesados artesanalmente. Para los productores los principios agroecológicos son considerados como alternativa de agricultura social, económicamente justa y sostenible en el tiempo, esta forma de percibir la agricultura da lugar a un cambio cualitativo donde las unidades productivas representan un espacio dentro de la ciudad con una perspectiva de integralidad y equilibrio. Los consumidores asisten semanalmente a la feria en busca de alimentos orgánicos, sanos y frescos con la confianza de saber quién y cómo los producen. Según Romero (2015), la feria se constituye en un espacio social y ameno donde surge el término "gran familia" y la comercialización es una venta colaborativa sin competencia. En sus inicios tuvo

que superar obstáculos como la percepción de los consumidores sobre los productos de menor tamaño y mayor precio que los alimentos convencionales y sobre todo el hecho de realizar una feria agroecológica en el sur de la ciudad, donde la ciudadanía probablemente no valoraría la producción orgánica.

En lo referente a la feria agroecológica de la UCE, los resultados indicaron que el rango de edad más predominante en la asistencia a la feria estuvo comprendido entre 20 y 30 años lo cual concuerda con la edad del grupo con mayor participación en la feria que corresponde a los estudiantes mujeres. Quienes asisten a la feria son en su mayoría mujeres, lo cual puede deberse a que las ferias agroecológicas fomentan sobre todo la participación de la mujer (Clavijo, 2013) y evidencian un mayor interés por parte de las mujeres en este tipo de producción que consideran más sana y saludable para su alimentación y la de sus familias.

Por otro lado, el porcentaje más bajo de consumidores de la feria de la UCE corresponde a los docentes, lo cual contrasta con los consumidores de la feria de la Universidad Andina, donde la mayoría de los compradores fueron docentes y trabajadores (Izurieta, 2018).

También se distingue un porcentaje significativamente alto de consumidores externos a la Universidad, a pesar de que no existe una propuesta manifiesta de comunicación y difusión por parte de las autoridades sobre la realización de este tipo de ferias en la UCE. Según los consumidores de la feria de la UCE se observó que éstos asocian un producto agroecológico con productos naturales y producción de alimentos sin químicos.

En cuanto a los ingresos promedio de los consumidores de la feria, estuvieron en el rango de 500 USD a 1000 USD mensuales, lo cual es similar a consumidores de la feria de Carcelén (Chalá, 2017) y la Universidad Andina (Izurieta, 2018), pero bastante diferente a la feria de la Carolina, la cual tiene consumidores con ingresos superiores a 1500 USD mensuales (Vasco, Palacios y Paspuel, 2015), esto es debido a que esta feria se encuentra en un lugar donde el nivel socioeconómico de sus habitantes es mayor a los otros mencionados. Las razones predominantes de adquisición de los productos agroecológicos en la feria de la UCE se debió a que son

productos agroecológicos u orgánicos, lo cual es similar a las preferencias de consumidores de la feria de Carcelén (Chalá, 2017), esto se produce probablemente porque las dos ferias se encuentran en lugares donde sus habitantes tienen una situación socio-económica similar. Finalmente, es importante mencionar que los resultados de la investigación sobre la feria agroecológica de la UCE permitirán sugerir las acciones iniciales a realizar por parte de las autoridades, con el objetivo final de obtener un balance entre una producción agroecológica sustentable con un fin netamente académico y los requerimientos reales de los consumidores.

## 5 Conclusiones

Las principales conclusiones de este estudio indican que la edad más representativa de las personas que asisten a la feria oscila entre 20 a 30 años, por tanto, son los consumidores jóvenes quienes presentan una mayor apertura a compra de productos agroecológicos y donde, en la feria de la UCE, existiría un mayor potencial de expansión en el mediano plazo.

Las mujeres son quienes más asisten a la feria, lo que indica que se debe destacar la presencia de la mujer no solo en los procesos producción sino también en los de comercialización de la feria, al igual que se debe promover la participación igualitaria en el futuro.

Existe poca participación de los Docentes de la UCE, probablemente debido la escasa comunicación entre docentes y la comunidad universitaria sobre la realización de la feria, sin embargo, el “Consumidor Externo” tiene una participación significativa.

Los consumidores también perciben a los productos agroecológicos como productos sanos, naturales y sin químicos. Estos hallazgos permitirán dirigir una futura investigación complementaria que profundice estos aspectos, como son las percepciones sobre los conocimientos agroecológicos de las personas que conforman los estamentos universitarios (estudiantes, docentes y personal administrativo).

Los ingresos entre 500 y 1000 USD representan la mayoría. Sin embargo, no se debe desestimar que

la mayor presencia en la feria está representada por los estudiantes que a pesar de no tener ingresos económicos significativos son un agente trasmisor de conocimientos adquiridos en la misma a la comunidad universitaria.

Los consumidores adquieren productos en la feria fundamentalmente por ser agroecológicos u orgánicos, lo cual indica que tienen un buen conocimiento previo respecto a lo que es este tipo de producto.

La investigación realizada en referencia a la formación de consumidores y productores ha permitido identificar la aplicación de educación ambiental en el proyecto educativo y su currículo, lo cual se confirma al observar el rol que cumplen los empleados, estudiantes, docentes de la UCE, externos a la UCE y los productos agroecológicos que se ofertaron en la feria. También intrínsecamente ha permitido observar, de acuerdo con su motivación de compra, la importancia que dan los diferentes actores considerados a su alimentación y salud, que se constituye en herramienta para la vida.

Las autoridades de la feria agroecológica de la Universidad Central del Ecuador deberán proponer la implementación de alternativas y nuevas estrategias de inclusión social y didáctico-pedagógicas basadas en la valoración de las encuestas obtenidas, que permitan reforzar a esta feria como un espacio de formación entre consumidores y productores. Las estrategias mencionadas están directamente relacionadas con la aplicación de la educación ambiental cuyos componentes son conciencia y sensibilidad, conocimiento y entendimiento, actitudes, habilidades y participación.

El espacio de formación que genera la feria de la UCE, que representa el encuentro entre la agroecología, la educación y la transformación de la sociedad, debe influir en futuras líneas de investigación y proyectos de vinculación con la sociedad de la Universidad, sobre todo debido a la necesidad de profundizar los roles, conocimientos y procesos de decisión inmersos en el consumo de productos agroecológicos con el fin de incentivar una alimentación responsable y saludable.

## Agradecimientos

Los autores queremos agradecer a la Dirección General de Investigación y a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UCE por avalar el proyecto denominado "Evaluación del nivel de conocimiento sobre los productos agroecológicos en el sector urbano: Caso Universidad Central del Ecuador" y registrado con el código 15E-2019, ya que esta investigación es parte del proyecto mencionado. A estudiantes y consumidores de la feria de la UCE. Al Ingeniero Freddy Montenegro por la apertura para la realización de esta investigación. Por otro lado, también queremos destacar el apoyo de la Dirección de Posgrados e Investigación de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central.

## Referencias

- Altieri, M. (2002). «Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable». En: Buenos Aires: Ediciones Científicas Americanas. Cap. Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables, págs. 49-56.
- (2009a). «Escalonando la propuesta agroecológica para la soberanía alimentaria de América Latina». En: *Agroecología* 4, 39-48. Online:https://bit.ly/3xIVtME.
- Altieri, M. y C. Nicholls (2012). «Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica». En: *Agroecología* 7.2, 65-83. Online:https://bit.ly/3Aj6dgI.
- Altieri, M. y V. Toledo (2011). «The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants». En: *Journal of peasant studies* 38.3, 587-612. Online:https://bit.ly/3dtN7ek.
- Altieri, Miguel A (2009b). «Agroecología, pequeñas fincas y soberanía alimentaria». En: *Ecología política* 38, 25-35. Online:.
- Basabe, S., M. Durango y M. Manrique (2016). «En busca de la soberanía alimentaria: dos casos de cooperativas de comercio agroecológico en Quito». En: *Antropología Cuadernos de investigación* 17, 95-111. Online:https://bit.ly/3x4ggEx.
- Castillo, R. (2002). «Agroecología: atributos de sustentabilidad». En: *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales* 3.5, págs. 25-45.
- (2010). «La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual». En: *Revista Electrónica Educare* 14.1, 97-111. Online:https://bit.ly/366vu02.
- Chalá, Á. (2017). «Experiencia de la Feria Carcelén en Relación campo-ciudad en la producción agroecológica en la ciudad de Quito, periodo 2015-2016». Tesis de grado. Online:https://bit.ly/2Tp6BcX. Universidad Central del Ecuador.
- Chamorro, C. (2015). «Análisis socioeconómico sobre la apertura del mercado orgánico/agroecológico en el Distrito Metropolitano de Quito, provincia de Pichincha durante el periodo 2008-2014». Tesis de grado. Online:https://bit.ly/3ydwGe6. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Chauveau, C. y col. (2010). *Agroecología y venta directa organizadas, una propuesta para valorizar mejor los territorios de la sierra sur del Ecuador*. Inf. téc. Cuenca: CEDIR-AVSF-FEM.
- Clavijo, C. (2013). «La agricultura urbana en Quito: análisis de la sustentabilidad de las huertas de tres proyectos.» Tesis de grado. Online:https://bit.ly/2TqXgl5. Flacso sede Ecuador.
- ConQuito (2016). *Quito Siembra: Agricultura Urbana*. ConQuito.
- (2018). *Alimentario de Quito, Carta alimentaria de Quito*. ConQuito.
- Contreras Diaz, J., M. Paredes Chauca y S. Turbay Ceballos (2017). «Circuitos cortos de comercialización agroecológica en el Ecuador». En: *Ideas* 35.3, 71-80. Online:https://bit.ly/3CGDvXy.
- Escandón, N. (2012). «Rotación y asociación de cultivos en la provincia del Azuay para el rescate de la soberanía alimentaria». Tesis de mtría. Universidad de Cuenca. Online:https://bit.ly/3hyLbAW.
- Galiano, M. y C. García (2002). «Conceptos y objetivos de la Educación Ambiental». En: *Eúphoros* 5, 125-140. Online:https://bit.ly/36gWY2N.
- García, D. (2017). «Diseño de un sistema de almacenamiento y exhibición de productos agrícolas para ferias agroecológicas gestadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca en el Distrito Metropolitano De Quito». Tesis de grado. Pontificia Universidad Católica.
- Gliessman, S. (2015). *Agroecology: the ecology of sustainable food systems*. CRC press.
- Goodman, D. y M. Goodman (2009). «International Encyclopedia of Human Geography». En: Else-

- vier: Amsterdam, The Netherlands. Cap. Alternative Food Networks.
- HEIFER (2014). *La agroecología está presente. Mapeo de productores agroecológicos y del estado de la agroecología en la sierra y costa ecuatoriana*. Quito: Heifer.
- Harcourt, W. (2008). «Food sovereignty and the right to live». En: *Development* 51.4, 439-441. Online: <https://bit.ly/3hqrGf5>.
- Harper, A. y col. (2009). *Food policy councils: Lessons learned, Food First*. Institute for Food and Development Policy.
- Heinisch, C. (2017.). «Nouveaux circuits alimentaires de proximité dans les Andes: contribution à la reconnaissance des paysanneries». Tesis doctoral. Agrocampus Ouest. Online: <https://bit.ly/3ycmh22>.
- Intriago, Richard y Roberto Gortaire Amézcuca (2016). «Agroecología en el Ecuador. Proceso histórico, logros y desafíos». En: *Agroecología* 11.2, 95-103. Online: <https://bit.ly/369aTrR>.
- Izurieta, M. (2018). «Tejiendo relaciones campo y ciudad, conquistas de mujeres en procesos de producción, circulación y consumo». En: *Archivos do CMD* 2.7, 119-132. Online: <https://bit.ly/3ynl3kN>.
- Lacroix, P. y G. Cheng (2014). *Reflexiones sobre la comercialización en ferias y mercados de productores de la región andina*. Quito: AVSF.
- León-Vega, X. (2018). «Soberanía alimentaria. Sistemas agroalimentario, movimientos campesinos y políticas públicas. El caso de Ecuador». Tesis de maestría. España: Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea.
- López, D. (2011). «Canales cortos de comercialización como elemento dinamizador de las agriculturas ecológicas urbana y periurbana». En: *I Congreso Estatal de Agricultura*.
- MAGAP (2016). *Informe mes a mes Diciembre 2016*. Inf. téc. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Online: <https://bit.ly/36ohRJP>.
- Macas, B. y K. Echarry (2009). *Caracterización de mercados locales agroecológicos y sistemas participativos de garantía que se construyen en el Ecuador*. Inf. téc. Quito.
- Mínga, N. (2016). «Agroecología: diálogo de saberes para una antigua y nueva propuesta para el campo». En: *Antropología Cuadernos de investigación* 17, 86-94. Online: <https://bit.ly/2UoBDSk>.
- Navarrete, C. y O. Madoery (2017). «El enfoque agroecológico: una alternativa al modelo agroindustrial». Tesis de grado. Universidad Nacional del Rosario. Online: <https://bit.ly/2Ujmn9F>.
- Nyeléni Selingue, M. (feb. de 2007). *Declaración de Nyéléni*. Nyéléni.
- Orellana, D. y P. Osorio (2014). «Segregación socioespacial urbana en Cuenca, Ecuador». En: *Análitika* 8.2, 53-68. Online: <https://bit.ly/3nLkpvP>.
- Ranaboldo, C. y M. Arosio (2016). «Circuitos Cortos de Comercialización: una mirada desde el enfoque territorial». En: *Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura* 17, Online: <https://bit.ly/3qJf86W>.
- Renting, H., T. Marsden y J. Banks (2003). «Understanding alternative food networks: exploring the role of short food supply chains in rural development». En: *Environment and planning A* 35.3, 393-411. Online: <https://bit.ly/367ntYr>.
- Romero, G. (2015). «Sustentabilidad en los imaginarios sociales de las participantes del proyecto agrupar». Tesis de grado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Online: <https://bit.ly/3Aq1V7m>.
- Rosset, P. (1998). *La crisis de la agricultura convencional, la sustitución de insumos y el enfoque agroecológico*. Food First. Institute for Food and Development Policy.
- (2003). «Food sovereignty: Global rallying cry of farmer movements». En: *Food First Backgrounder* 9.4, 1-4. Online: <https://bit.ly/3AgTHhQ>.
- Soler, M. y D. Pérez (2013). «Procesos hacia la soberanía alimentaria: perspectivas y prácticas desde la agroecología política». En: *Icaria*. Cap. Canales cortos de comercialización alimentaria en la construcción de sistemas agroalimentarios alternativos, págs. 63-80.
- Sotomayor, C. (2013). «Género y soberanía alimentaria: propuestas de un nuevo paradigma de vida desde el espacio de la cocina». Tesis de grado. FLACSO Sede Ecuador. Online: <https://bit.ly/367jmf4>.
- Sverdlick, I. (2007). *La investigación educativa: Una herramienta de conocimiento y de acción*. Noveduc Libros.
- Vasco, C., G. Palacios y S. Paspuel (2015). «Determinantes socioeconómicos del consumo de productos ecológicos en Quito». En: *Siembra* 2.1, 23-28. Online: <https://bit.ly/3jEz8pY>.



# CONTROL DEL ESTRÉS TÉRMICO AGUDO EN POLLOS DE ENGORDE LÍNEA ROSS 308 MEDIANTE LA INCLUSIÓN DE BETAÍNA EN AGUA DE BEBIDA Y SU ANÁLISIS ECONÓMICO EN LA PARROQUIA EL QUINCHE, ECUADOR

## CONTROL OF ACUTE THERMAL STRESS IN BROILERS ROSS 308 LINE BY INCLUSION OF BETAINE IN DRINKING WATER AND ITS ECONOMIC ANALYSIS IN EL QUINCHE PARISH, ECUADOR

Wladimir Moya\*<sup>1</sup> y Jorge Barba<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Ecología, Departamento de Ciencias Biológicas Biológicas y Biodiversidad, Universidad de Los Lagos, Campus Osorno, Casilla 933, Osorno, Chile.

<sup>2</sup>Departamento de Desarrollo e Innovación, Nindalgo S.A., Calle N74C y E4, 170307, Quito, Ecuador.

\*Autor para correspondencia: [wladimirmoyaf@gmail.com](mailto:wladimirmoyaf@gmail.com)

Manuscrito recibido el 12 de agosto de 2020. Aceptado, tras revisión, el 17 de junio de 2021. Publicado el 1 de marzo de 2022.

### Resumen

Este estudio evaluó diferentes concentraciones de inclusión de betaína suministrada en el agua de bebida para el control del estrés térmico agudo en pollos de engorde de la línea Ross 308 y su efecto sobre los parámetros productivos y el beneficio económico en dos ciclos de producción. El experimento se inició en dos galpones con 2672 y 2304 aves que fueron distribuidas en la tercera semana en 16 cuadrantes con cuatro pseudo-réplicas de 167 y 144 aves en cada cuadrante. Tres tratamientos de betaína (1,5; 2 y 2,5 g/l) y un tratamiento control (sin betaína) distribuidos al azar se suministraron en el agua de bebida durante la última semana de crianza (séptima semana). El suministro de 1,5 g/l (T2) de betaína mostró un mayor peso promedio ( $2441 \pm 52,2$  g) y menor mortalidad (2,96%) durante el primer ciclo, mientras que el T4 (2,5g/l) mostró el mayor peso promedio ( $2925 \pm 60,2$  g) y menor mortalidad (3,43%) durante el segundo ciclo. Todos los tratamientos revelaron un estrés térmico agudo sin diferencias significativas en la temperatura corporal. En el análisis económico, los T2 y T4 mostraron los ingresos netos más altos de alrededor del 60,44% y 67,36%, con una relación costo-beneficio de 1,42 y 1,93 durante el primer y segundo ciclo, respectivamente. Este estudio sugiere el suministro de betaína entre 1,5-2,5 g/l en el agua de bebida durante la última semana de crianza en zonas mediterráneas junto con buenas prácticas de manejo para mitigar el estrés térmico agudo en los pollos de engorde Línea Ross 308.

**Palabras clave:** Betaína, broiler, análisis económico, parámetros productivos, estrés térmico.

### Abstract

This study evaluated different concentrations of inclusion of betaine supplied in the drinking water for the control of acute heat stress in broiler chickens Ross 308 Line and its effect on the productive parameters and economic benefit in two production cycles. In two poultry houses, the experiment began with 2672 and 2304 broiler chickens that were distributed in the third week in 16 quadrants with four pseudo-replicates of 167 and 144 chickens each quadrant. Three treatments of betaine (1.5, 2 and 2.5 g/l) and one control treatment (without betaine) distributed at random were supplied in the drinking water during the last week of breeding (seven week). The supply of 1.5 g/l (T2) of betaine level showed the highest average weight ( $2441 \pm 52.2$  g) and lowest mortality (2.96%) during the first cycle, whereas T4 exhibited highest average weight ( $2925 \pm 60.2$  g) and lowest mortality (3.43%) during the second cycle. All treatments revealed acute thermal stress with no significant differences in body temperature. In the economic analysis T2 and T4 showed the highest net income with about 60.44% and 67.36% with reasonable cost-benefit ratio (1.42 and 1.93) during first and second cycle, respectively. This study suggests the supply of betaine between 1.5-2.5 g/l in the water during the last week of rearing period in Mediterranean areas along with good management practice to mitigate the acute thermal stress in commercial chicken broilers Line Ross 308.

**Keywords:** Betaine, broiler, economic analyses, productive parameters, thermal stress.

---

Forma sugerida de citar: Moya, W. y Barba J. (2022). Control del Estrés Térmico Agudo en Pollos de Engorde Línea Ross 308 mediante la Inclusión de Betaína en Agua de Bebida y su Análisis Económico en la Parroquia El Quinche, Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 35(1):72-84. <http://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.06>.

---

IDs Orcid:

Wladimir Moya: <http://orcid.org/0000-0002-5118-8985>

Jorge Barba: <http://orcid.org/0000-0001-8306-6600>

## 1 Introducción

Los pollos de engorde son animales homeotérmicos porque tienen la capacidad de regular y mantener su propia temperatura corporal interna (Araújo y col., 2015; Mascarenhas y col., 2020). Este mecanismo ocurre cuando su temperatura interna se encuentra dentro de la zona termoneutral (27,5-37,7 °C) (Ajakaiye, Pérez y Mollineda, 2011; Mutibvu, Chimonyo y Halimani, 2017; Saeed y col., 2019). Varios factores pueden influir en los pollos de engorde como el peso corporal, la cantidad de plumaje, aclimatación y estado de deshidratación (Pereira y Nääs, 2008; Araújo y col., 2015; Bhadauria y col., 2017).

El calor resultante es producto del metabolismo (glicolisis, ciclo de Krebs, vía de derivación de fosfato) y la actividad muscular producida dentro del cuerpo del animal. (Zahoor y col., 2016; Lu y col., 2017; Tickle, Hutchinson y Codd, 2018; Zaboli y col., 2019; Barzegar y col., 2020). Existen diferentes factores que pueden afectar la cantidad y la producción de calor, como la actividad física, la temperatura del ambiente, los ritmos circadianos, entre otros (Syafwan, Kwakkel y Versteegen, 2011; Lara y Rostagno, 2013; Fisinin y Kavtarashvili, 2015; Baracho y col., 2019). Por lo tanto, para mantener la temperatura corporal dentro de la zona termoneutral, los pollos disipan el exceso de calor al medio ambiente a través de la conducción celular y la convección vascular (Baracho y col., 2011; Da Silva, Pandorfi y Guiselini, 2015; Nilsson, Molokwu y Olsson, 2016; Nascimento y col., 2017).

La cría de aves de corral depende principalmente de condiciones climáticas como la temperatura y la humedad (Nawab y col., 2018). La temperatura interna del cuerpo de un pollo adulto varía alrededor de 40,5 °C. Esta temperatura aumenta a medida que la temperatura ambiental sube o baja por encima o por debajo de la zona termoneutral (Aengwanich, 2007; Nascimento y col., 2011). Cuando la temperatura corporal central alcanza su punto crítico (47 °C), llamado punto de temperatura letal superior, los pollos pueden morir por la postración térmica (Scanes, 2016). Cuando se altera el equilibrio entre la producción de calor y la pérdida de calor en el cuerpo del pollo, la pérdida de calor disminuye mientras la producción de calor aumenta, lo que provoca el inicio de estrés térmico (Dayya-

ni y Bakhtiari, 2013; Lara y Rostagno, 2013; Saeed y col., 2019).

El estrés puede definirse como una respuesta no específica del organismo del animal a condiciones ambientales adversas que producen ajustes fisiológicos y metabólicos para mantener la homeostasis, generar efectos sobre el sistema nervioso central, el sistema neuroendocrino y el sistema inmunológico (Lin y col., 2006; Martin y col., 2011). El estrés térmico afecta negativamente no sólo el rendimiento productivo y reproductivo, sino también la rentabilidad del avícola y el bienestar de los pollos (Pawar y col., 2016; Alagawany y col., 2017; Ranjan y col., 2019). El aumento en el costo de la energía provoca estrés térmico en las aves (Syafwan, Kwakkel y Versteegen, 2011; Rath y col., 2015; Shlomo, 2015; Zhang y col., 2016). A nivel bioquímico, un aumento de hasta 20 veces en la frecuencia respiratoria de los pollos puede causar una mayor pérdida de CO<sub>2</sub> a través de los pulmones (Knížatová y col., 2010; Nascimento y col., 2017), lo que resulta en un aumento en el pH sanguíneo, causando una aceleración del balance ácido-base (Olanrewaju y col., 2006; Borges, Da Silva y Maiorka, 2007) que termina afectando la salud, el bienestar y el rendimiento de los pollos.

El estrés térmico también causa peroxidación lipídica debido a la generación excesiva de especies reactivas de oxígeno (Akbarian y col., 2016). La suplementación antioxidante tiene la capacidad de reducir la inestabilidad oxidativa de proteínas y lípidos, lo que puede estar asociado con el aumento de la actividad de las enzimas antioxidantes celulares (Delles y col., 2014).

La betaína se puede encontrar en diferentes plantas y especies de animales como sustancia natural (Nudiens y col., 2001). La betaína actúa en el metabolismo de pollos como donante de grupos metílicos para la síntesis de proteínas, ácidos nucleicos y colina (McDevitt, Mack y Wallis, 2000). Es un derivado metílico de la glicina y un metabolito de la degradación de la colina que actúa como osmolito, ayudando a mantener el agua celular, el equilibrio de iones, la conservación de la metionina y la distribución de grasas (Eklund y col., 2005; Ratriyanto y col., 2009; Ahmed, Ismail y Abdel, 2018; Shakeri y col., 2018). Entre los beneficios de la betaína está que puede mejorar la retención de agua debido

al efecto osmótico, aumentando el volumen celular y por lo tanto la actividad anabólica, la integridad de la membrana celular y el rendimiento general del pollo (Shakeri y col., 2018; Liu y col., 2019). La propiedad osmótica de la betaína permite la adaptación celular a ambientes osmóticos adversos, en climas calientes y húmedos. Como donante del grupo metil, la betaína también puede reemplazar hasta el 20% de la metionina en la dieta y hasta el 100% de la colina en las dietas de pollos de engorde comerciales, ahorrando costos de alimentación (Sakomura y col., 2013).

El estrés térmico es un gran desafío para el bienestar de los pollos y la rentabilidad de la granja avícola. Por lo tanto, los productores deben estar conscientes y vigilantes en la gestión y mantenimiento de las temperaturas internas adecuadas en las últimas semanas de engorde especialmente en zonas con clima mediterráneo durante verano. Los eventos conductuales, así como los parámetros de producción, proporcionan información relevante sobre las respuestas de las aves a las condiciones de estrés térmico debido a la alta temperatura ambiental y a la alta humedad relativa (Lara y Rostagno, 2013; Nyoni, Grab y Archer, 2019).

En Ecuador hay escasos estudios científicos sobre la administración de betaína en el agua de bebida para hacer frente al estrés térmico agudo en el pollo, su efecto sobre los parámetros de producción y su beneficio económico durante las estaciones calurosas en climas mediterráneos. Este estudio asume que una mayor concentración de betaína en el agua de bebida produce una menor mortalidad y un menor peso promedio al final del período de engorde, debido a una mejor hidratación del animal y a un menor consumo de alimentos en las horas más calurosas.

Por lo tanto, este estudio evalúa diferentes concentraciones de inclusión de betaína suministrada en el agua potable para el control del estrés térmico agudo en pollos de la línea ROSS 308 a partir de los 38 días de edad y su efecto sobre los parámetros productivos, así como el beneficio económico del productor aplicado a una zona de clima mediterráneo de la Región Sierra del Ecuador.

## **2 Metodología**

### **2.1 Área experimental y condiciones microclimáticas**

La investigación se realizó en el municipio de La Victoria, perteneciente a la parroquia El Quinche, provincia de Pichincha, a 40 km al este de la ciudad de Quito. El área de estudio se encuentra a una altitud de 2619 msnm, con un clima mediterráneo, y temperaturas medias de 18 °C con variaciones de 0,6 °C durante todo el año. El mes más caluroso es septiembre, con temperaturas máximas de hasta 30 °C y una precipitación mensual de 53 mm. El mes más lluvioso se registra en abril con 126 mm de media mensual.

La investigación se llevó a cabo entre los meses de agosto-noviembre 2019, durante la temporada más calurosa del año. Se utilizaron dos galpones de 264 m<sup>2</sup>, y cada uno albergó 2700 aves macho durante agosto a septiembre para el primer ciclo de producción (FPC), y 2330 aves masculinas durante octubre a noviembre para el segundo ciclo de producción (SPC). Sin embargo, el experimento se inició con 2672 y 2304 animales para el FPC y el SCP, respectivamente, debido a la mortalidad registrada en los primeros 21 días de engorde.

Las condiciones de temperatura interna de los galpones se verificaron antes de la recepción de los pollos, registrando una temperatura de 33 °C cada uno. Los animales fueron vacunados contra la enfermedad de Marek en la incubadora previo a su llegada a los galpones y se alimentaron con agua y alimentos frescos y limpios durante su toda su estancia en el galpón.

### **2.2 Manejo de aves de corral y suministro de betaína**

Al final de la tercera semana de vida (21 días), los pollos se colocaron en 16 cuadrantes de 15 m<sup>2</sup> cada uno, y fueron distribuidos uniformemente dentro de cada galpón colocando 167 pollos por cuadrante durante el FPC y 144 pollos por cuadrante durante el SPC. Los animales fueron distribuidos en cuadrantes en esta semana ya que a esta edad los animales son capaces de autorregular su temperatura interna y no dependen del calor artificial externo (incubadoras), y también para facilitar el manejo de

los pollos durante el período experimental.

Dentro de cada corral se clasificaron los 16 cuadrantes en cuatro tratamientos distribuidos aleatoriamente con cuatro repeticiones de cada tratamiento. Cada experimento consistió en un tratamiento control (T1: Sin betaína) y tres tratamientos con diferentes concentraciones de betaína (T2: 1,5 g/l; T3: 2 g/l y T4: 2,5 g/l). La betaína fue suministrada en los bebederos desde el día 43 y 44 en adelante, en el primer y segundo corral, respectivamente, durante las horas más calurosas del día (12:00 am - 15:00 pm). La betaína fue suspendida antes del sacrificio, para evitar la existencia de residuos dentro del cuerpo del animal en el momento de la venta. Sólo se suministró agua limpia el último día del ciclo de producción. Los animales permanecieron en los corrales hasta los días 48 y 49 durante el FCP y el SCP, respectivamente.

En los pollos de engorde, los glucocorticoides se producen como corticosterona, y el 75% se excreta en la orina (Scanes, 2016). Por esta razón, se utilizó una técnica no invasiva para determinar los niveles de corticosterona, evitando generar estrés en los pollos por manipulación. Se recogieron muestras fecales (separación posterior de la porción líquida de las heces de aves de corral) durante el período experimental (días 43 a 46 [FCP]; días 44 a 47 [SCP]). Este procedimiento se realizó con precaución durante las primeras horas del día (7:00 am - 9:00 am) para evitar generar cualquier tipo de estrés (fisiológico o conductual) en los animales. Las muestras recogidas para cada tratamiento en ambos ciclos se enviaron al laboratorio para su posterior análisis.

La temperatura interna del cuerpo se registró en los días 43, 45 y 47 en ambos corrales en una muestra del 10% del total de pollos por cada cuadrante para determinar los signos de estrés por calor utilizando una sonda de penetración/inmersión. La sonda se introdujo suavemente entre 5 a 6 cm (dependiendo de la edad y el tamaño de los pollos) a nivel del colon terminal con precaución para no generar estrés. Este procedimiento se realizó a primeras horas de la mañana.

Finalmente, se realizó un análisis de factibilidad económica del uso de betaína en pollos de engorde para determinar la rentabilidad y mejor relación costo-beneficio (C/B) de la administración de betaína.

na.

### 3 Análisis estadístico

Se analizó la normalidad de los datos de peso promedio, ingesta de alimento, aumento de peso por animal y la temperatura corporal para determinar la normalidad en los dos ciclos de producción mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Si los datos presentaban la distribución normal entonces se aplicaba la prueba unidireccional ANOVA para determinar las diferencias en las medias entre tratamientos y ciclos. De lo contrario, se utilizó una prueba U de Mann-Whitney. Además, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple (RLM) para probar la hipótesis y analizar la influencia de los diferentes niveles de betaína en cada una de las variables independientes (peso final, consumo de alimento, ganancia de peso y temperatura corporal), utilizando un enfoque de mínimos cuadrados. Finalmente, se realizó una prueba *T* de student para comparar los pesos finales en cada ciclo de producción y determinar las diferencias estadísticas en la relación C/B. Se seleccionó el modelo más informativo en base al criterio de información de Akaike (AIC). Todos los análisis estadísticos se realizaron en la versión 3.4.1 del software R (The developmet Core Team, 2017).

### 4 Análisis de factibilidad económica

El análisis económico se realizó para ambos ciclos considerando el peso promedio final de los animales, el número total de pollos para cada tratamiento al final del ciclo y el precio por libra en el mercado en ese momento. En el análisis sólo se tuvieron en cuenta los costes variables durante el período del experimento (semana 7) (coste de alimentación y betaína). El ingreso neto de las aves de corral se determinó sobre la base de la diferencia entre la venta de los pollos (ingreso bruto) y los costes variables. Sobre la base del beneficio neto, se calculó la relación C/B para determinar cuál tratamiento fue el más adecuado, con mejores parámetros productivos y mejor rentabilidad.

## 5 Resultados y discusión

Los resultados mostraron que el T2 (1,5 g/l) tuvo el peso promedio más alto durante la FCP (2441±52,2 g) (Tabla 1) con diferencias significativas entre los cuatro tratamientos ( $p < 0,05$ ;  $n=97$ ). Durante la SCP,

el T4 (2,5 g/l) mostró el peso promedio más alto (2925±60,2g)(Tabla 2) con diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ;  $n=83$ ). Hubo diferencias significativas entre ciclos, logrando un peso promedio más alto en el SCP (2735 ± 193,21 g) que en el FCP (2315±93,33 g).

**Tabla 1.** Rendimiento general de los pollos Ross línea 308 al final del período de engorde (48 días) con la administración de diferentes niveles de betaína durante el primer ciclo.

Tratamiento	Peso promedio ± SD (g)	Aumento de peso/animal/día (g)	Ingesta de alimento/animal/día (g)	% Mortalidad	Temperatura corporal (°C)	Nivel de corticosterona (nmol/L)
T1 (control)	2275 ± 32,8	70,2 ± 5,20	184,5 ± 1,10	4,29	42,5 ± 1,90	113,13 ± 11,55
T2 (1,5 g/L)	2441 ± 52,2	66,1 ± 8,46	182,3 ± 1,24	2,96	43,0 ± 2,62	123,10 ± 5,20
T3 (2 g/L)	2213 ± 35,6	35,1 ± 4,83	185,5 ± 1,06	5,33	42,8 ± 2,71	102,61 ± 15,13
T4 (2,5 g/L)	2335 ± 48,1	50,7 ± 5,96	185,7 ± 1,21	4,44	43,2 ± 1,89	112,64 ± 18,86

**Tabla 2.** Rendimiento general de los pollos Ross línea 308 al final del período de engorde (49 días) con la administración de diferentes niveles de betaína durante el segundo ciclo.

Tratamiento	Peso promedio ± SD (g)	Aumento de peso/animal/día (g)	Ingesta de alimento/animal/día (g)	% Mortalidad	Temperatura corporal (°C)	Nivel de corticosterona (nmol/L)
T1 (control)	2600 ± 50,4	71,6 ± 5,8	174,9 ± 1,6	5,2	43,7 ± 1,97	116,27 ± 14,9
T2 (1,5 g/L)	2903 ± 50,0	111,3 ± 9,4	172,1 ± 1,0	3,7	42,7 ± 2,3	124,32 ± 9,0
T3 (2 g/L)	2498 ± 41,9	55,7 ± 5,0	179,6 ± 1,72	7,2	43,5 ± 2,2	110,56 ± 15,5
T4 (2,5 g/L)	2925 ± 60,2	79,0 ± 8,4	167,3 ± 1,28	3,4	43,0 ± 2,2	120,8 ± 4,5

Durante la FCP y la SCP, el T2 mostró el mayor aumento de peso/animal/día con  $66,1 \pm 8,46$  g y  $111,3 \pm 9,44$  g, respectivamente (Tabla 1; Tabla 2) con diferencias significativas entre tratamientos. También se observaron diferencias significativas entre ciclos, obteniendo un mayor aumento de peso en el SCP ( $79,7 \pm 21,66$  g/animal/día) que en el FCP ( $47,16 \pm 13,18$  g/animal/día). La ingesta de alimento más alta durante el CPF fue de  $185,7 \pm 1,21$  g pertenecientes a T4 (Tabla 1), con diferencias en todos los tratamientos excepto entre T3 y T4 ( $p=0,353$ ;  $W=244$ ;  $n=97$ ). Durante la SCP, las tasas más altas de consumo de alimento correspondieron a T3, con

un promedio de  $179,6 \pm 1,72$  g/animal/día (Tabla 2), mostrando diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ;  $n=83$ ). Se observaron diferencias significativas entre los ciclos, mostrando una ingesta media global de  $184,5 \pm 1,76$  g/día de animal/día y  $173,4 \pm 4,68$  g/animal/día para el FCP y el SCP, respectivamente.

En el FCP, la mortalidad más baja al final del período de engorde fue de 2,96% en el T2 (Tabla 1), mientras que en el SCP fue de 3,43% en el T4 (Tabla 2). No se observaron diferencias entre ciclos. En total, se registraron 28 y 26 aves muertas en el FCP y el SPC, respectivamente. Finalmente, la tempera-

tura corporal durante la FCP no mostró diferencias significativas entre los tratamientos ( $p > 0,05$ ;  $n=97$ ), registrando la temperatura más alta para el T4, con un promedio de  $43,2 \pm 1,89$  °C (Tabla 1). Durante el SCP, la temperatura más alta para el T1 fue de  $43,7 \pm 1,97$  °C (Tabla 2), sin mostrar diferencias significativas entre tratamientos. No se observaron diferencias significativas entre ciclos. Se puede observar que, en ambos ciclos, las temperaturas corporales de los pollos fueron inferiores a la temperatura letal superior (47 °C).

El análisis de corticosterona mostró que los pollos sufrieron estrés térmico agudo en todos los tratamientos durante la FCP (Tabla 1). En el SCP,

los niveles promedio de corticosterona en T1 y T3 estuvieron dentro de los rangos normales (80-120 nmol/l) a pesar de que algunos animales mostraron más de 120 nmol/l. Los T2 y T4 mostraron niveles promedio más altos de corticosterona con 124,3 nmol/l y 121,75 nmol/l, respectivamente (Tabla 2). No se observaron correlaciones entre variables en ninguno de los ciclos, ni problemas de multicolinealidad ( $VIF < 10$ ). Los resultados de RLM se presentan en la Tabla 3 y 4 para el SCP y FCP, respectivamente. Los datos de todas las variables de ambos ciclos de producción no siguieron una distribución normal ( $p < 0,05$ ,  $n=97$  y  $n=83$ ), por lo que se aplicó la prueba U de Mann-Whitney para determinar las diferencias en las medias entre tratamientos y ciclos.

**Tabla 3.** Regresión múltiple de la influencia de la administración de betaína en pollos Línea Ross 308 al final del período de engorde durante el primer ciclo.

		Estimado	Error Std.	Valor-t	Valor-p	$R^2$	$R^2$ Ajustado	Estadístico-F	AIC
T1	Intercepción (peso)	1243,06	320,74	3,87	0,000874 ***				235,69
	Aumento de peso	-0,7156	0,24	-2,92	0,008150 **	0,42	0,36	7,73	
T2	Intercepción (temp)	44	0,9266	47484	$< 2e-16$ ***				122,01
	Corticosterona (1,5 g/l)	-3,5	1,5366	-2278	0,0345 *	0,28	0,13	1,86	
T3	Intercepción (peso)	2280	24,82	91861	$< 2e-16$ ***				231,54
	Nivel de corticosterona (2 g/l)	-128	35,1	-3647	0,037 **	0,76	0,51	3,03	
T4	Intercepción (aumento de peso)	330,5	226,9	1456	0,1793				
	Nivel de corticosterona (2 g/l)	16,0	5,1	3135	0,0120*	0,82	0,55	3,04	

No hubo diferencias estadísticas en el peso final de todos los tratamientos excepto entre T2 y T3 ( $p < 0,05$ ;  $t=46,02$ ) para la FCP. Por lo tanto, en el análisis económico el T2 mostró el mejor ingreso neto más alto (\$371,99) con la relación C/B más alta (1,42), seguido por el tratamiento de control (T1) (1,28) (Tabla 5). En este ciclo, se utilizaron un total de 299,8; 390 y 490,6g de betaína para T2, T3 y T4, respectivamente. Para el SCP, no hubo diferencias estadísticas en el peso final de todos los tratamientos excepto entre T1 y T3 ( $p = 0,0165$ ;  $T = 18,33$ ), así como entre T2 y T3 ( $p = 0,0203$ ;  $T = 72,78$ ). En este ciclo, el T4 mostró la mejor relación C/B (1,93), presentando un ingreso neto más alto (\$ 398,81) seguido de T2 (Tabla 6). Se consumieron 256,5; 327,4

y 427,6 g en T2, T3 y T4, respectivamente.

Este estudio evaluó diferentes concentraciones de la inclusión de betaína en el agua potable para el control del estrés térmico agudo en pollos de la Línea Ross 308 a partir de los 38 días de edad y su efecto en los parámetros productivos, y su beneficio económico en áreas secas de la región interandina del Ecuador. En general, los resultados mostraron que el peso final de los pollos aumentó con un mayor nivel de betaína en el agua potable en comparación con el tratamiento de control (T1), particularmente con la adición de 1,5 g/l (T2) y 2,5 g/l (T4) en ambos ciclos, respectivamente.

Durante el FCP, los resultados indicaron que el aumento de peso mostró un efecto significativo en el peso final de los pollos de engorde en el T1 en comparación con las otras variables (ingesta de alimentos, temperatura corporal). En el T2, la betaína no tuvo ningún efecto significativo en ninguna de las variables, excepto con la temperatura corporal. En el T3 se observó que la inclusión de betaína de 2 g/l tuvo un efecto significativo en el peso final de los pollos de engorde. La inclusión de este nivel influyó significativamente en el aumento de peso, pero no en el consumo de alimentos. Cabe señalar que, en este último, el efecto de la betaína se vio afectado por la presencia de otras variables en el modelo. Esto puede explicar la desproporción del peso corporal y el aumento de peso.

**Tabla 4.** Regresión múltiple de la influencia de la suministración de betaína en pollos Línea Ross 308 al final del período de engorde durante el segundo ciclo.

		Estimado	Error Std,	Valor-t	Valor-p	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> -ajustado	Estadístico-F
T1	Intercepción (Aumento de peso)	1244,2	458,8	2,7	0,0161 *	0,38	0,17	1,84
	Ingesta de alimentos	-5,6	2,2	-2,4	0,0247 *			
	Intercepción (Ingesta de alimentos)	193,1	4,4	42,9	<2e-16 ***			
	Temperatura	-0,37	0,08	-4,6	0,000286 ***			
	Aumento de peso	-0,05	0,02	-2,4	0,024932 *			
	Nivel de Corticosterona (1,5 g/l)	1,5	0,45	3,4	0,003643 **	0,67	0,59	8,47
T2	Intercepción (Temperatura)	310,7	57,53	5,4	5,89e-05 ***	0,59	0,49	5,82
	Ingesta de alimentos	-1,5	0,32	-4,61	0,000286 ***			
	Aumento de peso	-0,09	0,04	-2,15	0,046975 *			
	Nivel de Corticosterona (1,5 g/l)	2,73	0,98	2,78	0,013171 *			
T3	Intercepción (Ingesta de alimento)	154,9	14,6	10,5	3,69e-09 ***	0,61	0,57	14,6
	Aumento de peso	-0,009	0,003	-2,617	0,0175 *			
T4	Intercepción (Ingesta de alimento)	169	0,63	264,9	<2e-16 ***	0,33	0,25	4,49
	Nivel de Corticosterona (2,5 g/l)	-2,28	0,76	-2,99	0,00772 **			

El aumento de peso también mejoró significativamente con niveles más altos de inclusión de betaína en ambos ciclos. Los resultados obtenidos son similares a los estudios que mostraron un mayor aumento de peso en pollos de engorde durante el período de estrés térmico (Attia y col., 2005; Chen y col., 2018). Otros estudios no mostraron efectos significativos de la betaína en el aumento de peso ni en la ingesta de los alimentos (Harms y Russell, 2002; Park y Ryu, 2010). Debido a su propiedad de aporte de metilo, la betaína podría ser accesible para otras funciones clave como la síntesis de proteínas y la modulación inmune, lo que resulta en un mejor rendimiento de los pollos de engorde.

Varios autores han encontrado que la aplicación de diferentes niveles de betaína (0; 0,5; 1,0 y 1,5 g/kg) en la dieta tiene efectos significativos en el peso corporal, el aumento de peso, el consumo de alimentos y la conversión de alimentos (Awad y col., 2014). Por otro lado, Nofal y col. (2015) mostraron que los niveles de betaína del 0,1% y del 0,2% en la dieta mejoraron el peso corporal, el aumento de peso, la relación de conversión de alimentos y la tasa de mortalidad. Otros autores han descubierto que diferentes niveles de betaína en la alimentación mejora la tasa de conversión (Tolba, Shabaan y Wagdy, 2007; Honarbakhsh, Zaghari y Shivazad, 2007; Zulkifli, Mysahra y Jin, 2004). Shaojun y col. (2015) encontraron que el 0,1%, 0,2% y 0,4% de betaína mos-

traron un aumento en el consumo de alimento, asociado con un aumento en el peso corporal y una menor conversión de alimentos. Por otra parte, Sakomura y col. (2013) mostraron que el 0,05% y el 0,075% de la suplementación con betaína no tuvieron un efecto significativo en parámetros producti-

vos tales como la ingesta de alimento y el aumento de peso corporal. Asimismo, El Shinnawy (2015) encontró que las dosis de 1,0; 1,5; 2,0 y 2,5 g/kg de betaína en la dieta indicaron un aumento significativo en el peso corporal y aumento de peso.

**Tabla 5.** Análisis de viabilidad económica y sensibilidad en el uso de betaína a diferentes niveles de suministro en el agua potable en pollos de engorde Ross 308 durante el primer ciclo.

Tratamiento	Peso promedio (g)	Peso promedio (libras)	Precio por libra (\$)	Número de animal	Ingreso bruto (\$)	Ingesta de alimentos (g/animal/día)	Ingesta total (\$)	Cantidad de alimento (20 kg)	Precio unitario (20 kg)	Costo total (\$)	Ingreso neto (\$)	Relación costo/beneficio
T1	2275	5,00	0,75	162	607,5	184,3	209,0	10,00	25	261,3	346,1	1,32
T2	2441	5,37	0,75	164	660,5	182,9	210,0	10,00	25	261,3	371,9	1,42
T3	2213	4,87	0,75	160	584,4	185,3	207,5	10,37	25	259,4	298,9	1,15
T4	2335	5,13	0,75	161	619,4	185,4	209,0	10,45	25	287,3	332,1	1,15

**Tabla 6.** Análisis de viabilidad económica y sensibilidad en el uso de betaína a diferentes niveles de suministro en el agua potable en pollos de engorde Ross 308 durante el segundo ciclo.

Tratamiento	Peso promedio (g)	Peso promedio (libras)	Precio por libra (\$)	Número de animal	Ingreso bruto (\$)	Ingesta de alimentos (g/animal/día)	Ingesta total (\$)	Cantidad de alimento (20 kg)	Precio unitario (20 kg)	Costo total (\$)	Ingreso neto (\$)	Relación costo/beneficio
T1	2600	5,72	0,70	137	548,5	174,9	167,8	8,39	25	209,7	338,7	1,61
T2	2903	6,38	0,70	140	625,8	172,1	168,7	8,43	25	210,9	388,9	1,84
T3	2498	5,49	0,70	134	515,4	179,6	168,4	8,42	25	210,5	278,8	1,32
T4	2925	6,43	0,70	140	630,4	168,0	164,6	8,23	25	205,8	398,8	1,93

Según la hipótesis del presente estudio, la mayor concentración de betaína en el agua potable está relacionada a un mayor peso final promedio, con un aumento de peso ligeramente menor y sin tendencia a marcar la ingesta de alimentos al final del período de engorde en comparación con el tratamiento control (T1). Para el T4 no se observó ninguna relación significativa entre el nivel de betaína y ninguna de las variables (peso, aumento de peso, ingesta de alimentos, temperatura corporal). La inclusión excesiva de betaína en el agua potable puede causar pérdida de energía debido a su excreción y aumentar el nivel de betaína, lo que puede reducir su eficacia.

El peso final de los pollos no se vio comprometido al final del ciclo productivo. Se suponía que, durante las horas más calurosas, los animales reducirían el consumo alimenticio; sin embargo, esto sólo ocurrió en el caso de SCP, en el que el consumo disminuyó ligeramente en un -0,4% entre la sexta y la séptima semana, mientras que para el FCP au-

mentó en un 13%. Los resultados pueden reflejarse en los niveles de corticosterona, donde los animales en el segundo ciclo mostraron niveles promedios más altos (117,9 nmol/l), cerca del límite del rango normal (80-120 nmol/l), que se asociaría a una reducción de la ingesta de alimentos. Varios factores pueden explicar estas diferencias, tales como la duración y extensión del estrés térmico, tipos de pollos de engorde, etapas de crecimiento, tipo de dietas, y períodos de alteraciones osmóticas causadas por estrés térmico en el cual la betaína puede proteger y mejorar las características morfológicas del epitelio intestinal. Estos resultados también son parcialmente consistentes con varios autores (Zulkifli, Mysahra y Jin, 2004) quienes no reportaron ningún efecto significativo de la suplementación de betaína en la ingesta de alimento. Sin embargo, son consistentes con los obtenidos por Attia y col. (2005), Zhang y col. (2016), He y col. (2015) al mencionar que la suplementación con betaína mostró un mejor desempeño de crecimiento con el aumento en el peso final y el aumento de peso.

En el análisis económico, los mejores tratamientos con mayores ingresos netos y menor porcentaje de mortalidad al final del período de engorde fueron 1,5 g/l (T2) y 2,5 g/l (T3) de betaína para el FCP y el SCP, respectivamente. El T2 (1,42) y el T4 (1,93) mostraron la mejor relación C/B durante el SCP. El último puede explicarse debido al mayor peso final del corral al final del período de engorde que se refleja en una mejor relación C/B. Las diferencias estadísticas en términos del peso final de pollos entre el T2 y el T3 en el FCP, y entre el T1 y el T3, así como el T2 y el T3 en el SCP indican que los bajos niveles de betaína en el agua potable pueden mejorar la relación C/B al final del período de engorde. Sin embargo, en el SCP, el T4 mostró la mejor relación C/B. Este resultado sugiere que la relación C/B puede depender del peso final de los pollos, así como del precio en el mercado que determinará la mejor rentabilidad para el agricultor. Amer y col. (2018) han descubierto que la ingesta de comida mejoró el crecimiento con un mejor rendimiento de la rentabilidad neta y la relación C/B, y sugieren que la mejora en el peso final y el aumento de peso debido a la suplementación con betaína podría atribuirse a la propiedad osmótica de la betaína que apoya el crecimiento celular intestinal y mejora la actividad celular, mejorando la absorción de nutrientes.

## 6 Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que la suplementación de betaína en el agua potable en pollos Línea Ross 308 puede mejorar el peso final promedio, particularmente con niveles de 1,5 g/l y reducir la mortalidad al final del período. Los niveles más altos de betaína (2,5 g/l) también pueden mejorar la rentabilidad del productor; sin embargo, podría depender de factores como el peso final, el precio de mercado, el manejo adecuado de los pollos al interior del galpón y las condiciones ambientales adecuadas dentro del mismo. Finalmente, este estudio sugiere la aplicación de betaína en el agua potable en pollos comerciales en producciones pequeñas y grandes especialmente en los últimos días del período de engorde, para superar el estrés térmico agudo en regiones en zonas con clima mediterráneo. Además, es necesario una gestión adecuada a lo largo del ciclo de producción para minimizar el estrés térmico en los animales. Las prácticas ta-

les como una buena ventilación dentro del corral, el ajuste de la densidad de las aves, el suministro de alimentos en las horas más frescas del día o la reducción de los efectos de temperaturas excesivas al separar las aves por sexo pueden ayudar a mitigar sus efectos.

## Referencias

- Aengwanich, W. (2007). «Effects of high environmental temperature on the body temperature of Thai indigenous, Thai indigenous crossbred and broiler chickens». En: *Asian Journal of Poultry Science* 2.1, 48-52. Online: <https://bit.ly/3EdaYdl>.
- Ahmed, M., Z. Ismail y A. Abdel (2018). «Application of betaine as feed additives in poultry nutrition-a review». En: *Journal of Experimental and Applied Animal Sciences* 2.3, 266-272. Online: <https://bit.ly/3xDUvfY>.
- Ajakaiye, J., A. Pérez y A. Mollineda (2011). «Effects of high temperature on production in layer chickens supplemented with vitamins C and E». En: *Revista MVZ Córdoba* 16.1, 2283-2291. Online: <https://n9.cl/6etf9>.
- Akbarian, A. y col. (2016). «Association between heat stress and oxidative stress in poultry; mitochondrial dysfunction and dietary interventions with phytochemicals». En: *Journal of Animal Science and Biotechnology* 7.1, 1-14. Online: <https://bit.ly/3rutvP3>.
- Alagawany, M. y col. (2017). «Heat stress: effects on productive and reproductive performance of quail». En: *World's Poultry Science Journal* 73.4, 747-756. Online: <https://bit.ly/3lkwhCf>.
- Amer, S. y col. (2018). «Impact of betaine supplementation on the growth performance, tonic immobility, and some blood chemistry of broiler chickens fed normal and low energy diets during natural summer stress». En: *Zagazig Veterinary Journal* 46.1, 37-50. Online: <https://bit.ly/3lnB2eD>.
- Araújo, F. y col. (2015). «Broiler surface temperature and behavioral response under two different light sources». En: *Brazilian Journal of Poultry Science* 17.2, 219-226. Online: <https://bit.ly/31eSmes>.
- Attia, Y. y col. (2005). «Growth, carcass quality and serum constituents of slow growing chicks as affected by betaine addition to diets containing 2.

- Different levels of methionine». En: *International Journal of Poultry Science* 4.11, 856-865. Online: <https://bit.ly/31HcTIY>.
- Awad, AL y col. (2014). «Effect of dietary betaine supplementation on growth performance and carcass traits of Domyati ducklings under summer conditions.» En: *Egyptian Poultry Science Journal* 34.4, 1019-1038. Online: <https://bit.ly/3d5CkGn>.
- Baracho, M. y col. (2011). «Surface temperature distribution in broiler houses». En: *Brazilian Journal of Poultry Science* 13.3, 177-182. Online: <https://bit.ly/3pfOcv9>.
- Baracho, MS y col. (2019). «Factors affecting broiler production: A meta-analysis». En: *Brazilian Journal of Poultry Science* 2121.3, 1-10. Online: <https://bit.ly/3d3NADe>.
- Barzegar, S. y col. (2020). «Factors affecting energy metabolism and evaluating net energy of poultry feed». En: *Poultry science* 99.1, 487-498. Online: <https://bit.ly/3ly14vy>.
- Bhadauria, P. y col. (2017). *Management of heat stress in poultry production system*. ICAR- Agricultural Technology Application Research Institute, Zone-1, Ludhiana-141004.
- Borges, S., A. Da Silva y A. Maiorka (2007). «Acid-base balance in broilers». En: *World's Poultry Science Journal* 63.1, 73-81. Online: <https://bit.ly/3EniFxp>.
- Chen, R. y col. (2018). «Betaine improves the growth performance and muscle growth of partridge shank broiler chickens via altering myogenic gene expression and insulin-like growth factor-1 signaling pathway». En: *Poultry science* 97.12, 4297-4305. Online: <https://bit.ly/3lj7vg0>.
- Da Silva, T., H. Pandorfi y C. Guiselini (2015). «Energy balance in the poultry-shed system and its influence on broiler performance». En: *Engenharia Agrícola* 35.4, 613-624. Online: <https://bit.ly/31sC6al>.
- Dayyani, N. y H. Bakhtiari (2013). «Heat stress in poultry: background and affective factors». En: *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research* 1.11, 1409-1413. Online: <https://bit.ly/3y51EWY>.
- Delles, R. y col. (2014). «Dietary antioxidant supplementation enhances lipid and protein oxidative stability of chicken broiler meat through promotion of antioxidant enzyme activity». En: *Poultry Science* 93.6, 1561-1570. Online: <https://bit.ly/3y4qMNa>.
- Eklund, M. y col. (2005). «Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock». En: *Nutrition research reviews* 18.1, 31-48. Online: <https://bit.ly/3rJvkYd>.
- El Shinnawy, A. (2015). «Effect of betaine supplementation to methionine adequate diet on growth performance, carcass characteristics, some blood parameters and economic efficiency of broilers». En: *Journal of Animal and Poultry Production* 6.1, 27-41. Online: <https://bit.ly/31FXjxk>.
- Fisinin, V. y A. Kavtarashvili (2015). «Heat stress in poultry. II. Methods and techniques for prevention and alleviation». En: *Agricultural Biology* 50.4, 431-443. Online: <https://bit.ly/3y0kq1y>.
- Harms, R.H. y G. Russell (2002). «Betaine Does Not Improve Performance of Laying Hens when the Diet Contains Adequate Choline». En: *Poultry Science* 81.1, 99-101. Online: <https://bit.ly/34XMV5p>.
- He, S. y col. (2015). «Effects of dietary betaine on growth performance, fat deposition and serum lipids in broilers subjected to chronic heat stress». En: *Animal Science Journal* 86.10, 897-903. Online: <https://bit.ly/3dvkgG0>.
- Honarbaksh, S., M. Zaghari y M. Shivazad (2007). «Can exogenous betaine be an effective osmolyte in broiler chicks under water salinity stress?» En: *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 20.11, 1729-1737. Online: <https://bit.ly/3pHHnD4>.
- Knížatová, M. y col. (2010). «Effect of the age and season of fattening period on carbon dioxide emissions from broiler housing». En: *Czech Journal of Animal Science* 55.10, 436-444. Online: <https://bit.ly/3dwpBwB>.
- Lara, L. y M. Rostagno (2013). «Impact of heat stress on poultry production». En: *Animals* 3.2, 356-369. Online: <https://bit.ly/3EJ9Iz5>.
- Lin, H. y col. (2006). «Strategies for preventing heat stress in poultry». En: *World's Poultry Science Journal* 62.1, 71-86. Online: <https://n9.cl/bqddv>.
- Liu, W. y col. (2019). «Effects of dietary betaine on growth performance, digestive function, carcass traits, and meat quality in indigenous yellow-feathered broilers under long-term heat stress». En: *Animals* 9.8, 506. Online: <https://bit.ly/33gKaLQ>.
- Lu, Z. y col. (2017). «Chronic heat stress impairs the quality of breast-muscle meat in broilers by affecting redox status and energy-substance me-

- tabolism». En: *Journal of agricultural and food chemistry* 65.51, 11251-11258. Online: <https://bit.ly/3GuGh4i>.
- Martin, L. y col. (2011). «Stress and animal health: physiological mechanisms and ecological consequences». En: *Nature Education Knowledge* 3.6, 11. Online: <https://go.nature.com/30aDe1u>.
- Mascarenhas, N. y col. (2020). «Thermal conditioning in the broiler production: challenges and possibilities». En: *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology* 6.2, 52-55. Online: <https://bit.ly/3EIB2gQ>.
- McDevitt, R., S. Mack e I. Wallis (2000). «Can betaine partially replace or enhance the effect of methionine by improving broiler growth and carcase characteristics?». En: *British Poultry Science* 41.4, 473-480. Online: <https://bit.ly/3GwFDDa>.
- Mutibvu, T., M. Chimonyo y T. Halimani (2017). «Physiological responses of slow-growing chickens under diurnally cycling temperature in a hot environment». En: *Brazilian Journal of Poultry Science* 19, 567-576. Online: <https://bit.ly/3dyTjBk>.
- Nascimento, G. y col. (2011). «Assessment of broiler surface temperature variation when exposed to different air temperatures». En: *Brazilian Journal of Poultry Science* 13, 259-263. Online: <https://bit.ly/3rOEOla>.
- Nascimento, S. y col. (2017). «Metabolic heat production and evaporation of poultry». En: *Poultry science* 96.8, 2691-2698. Online: <https://bit.ly/3GmLATg>.
- Nawab, A. y col. (2018). «Heat stress in poultry production: Mitigation strategies to overcome the future challenges facing the global poultry industry». En: *Journal of Thermal Biology* 78, 131-139. Online: <https://bit.ly/3pPvTgS>.
- Nilsson, J., M. Molokwu y O. Olsson (2016). «Body temperature regulation in hot environments». En: *PloS one* 11.8, e0161481. Online: <https://bit.ly/31HbAtG>.
- Nofal, M. y col. (2015). «Effect of dietary betaine supplementation on productive, physiological and immunological performance and carcass characteristic of growing developed chicks under the condition of heat stress». En: *Egyptian Poultry Science Journal* 35.1, 237-259. Online: <https://n9.cl/6b97a>.
- Nudiens, J. y col. (2001). «Utilization of Betafin in feeding broiler-chicks». En: *Proceedings in Agronomy* 3, 130-133. Online: <https://bit.ly/3rSXCzX>.
- Nyoni, N., S. Grab y E. Archer (2019). «Heat stress and chickens: climate risk effects on rural poultry farming in low-income countries». En: *Climate and Development* 11.1, 83-90. Online: <https://bit.ly/31N5aJt>.
- Olanrewaju, H. y col. (2006). «Stress and acid-base balance in chickens». En: *Poultry science* 85.7, 1266-1274. Online: <https://bit.ly/3Gv483D>.
- Park, J. y K. Ryu (2010). «Relationship between dietary protein levels and betaine supplementation in laying hens». En: *The Journal of Poultry Science* 48.4, 217-222. Online: <https://bit.ly/3ICBPCf>.
- Pawar, S. y col. (2016). «Assessing and mitigating the impact of heat stress in poultry». En: *Advances in Animal and Veterinary Sciences* 4.6, 332-341. Online: <https://bit.ly/3GtVJ0r>.
- Pereira, D. e I. Nääs (2008). «Estimating the thermoneutral zone for broiler breeders using behavioral analysis». En: *Computers and electronics in agriculture* 62.1, 2-7. Online: <https://bit.ly/3pMB4Ov>.
- Ranjan, A. y col. (2019). «Effect of heat stress on poultry production and their managerial approaches». En: *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 8.02, 1548-1555. Online: <https://bit.ly/3oG0zBM>.
- Rath, P. y col. (2015). «Amelioration of heat stress for poultry welfare: a strategic approach». En: *International Journal of Livestock Research* 5.3, 1-9. Online: <https://bit.ly/3EJ9c3W>.
- Ratriyanto, A. y col. (2009). «Metabolic, osmoregulatory and nutritional functions of betaine in monogastric animals». En: *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 22.10, 1461-1476. Online: <https://bit.ly/3GvJH6K>.
- Saeed, M. y col. (2019). «Heat stress management in poultry farms: a comprehensive overview». En: *Journal of thermal biology* 84, 414-425. Online: <https://bit.ly/3lVu0hj>.
- Sakomura, N. y col. (2013). «Effect of dietary betaine supplementation on the performance, carcass yield, and intestinal morphometrics of broilers submitted to heat stress». En: *Brazilian Journal of Poultry Science* 15, 105-112. Online: <https://bit.ly/3IOMVnY>.
- Scanes, C. (2016). «Biology of stress in poultry with emphasis on glucocorticoids and the heterophil to lymphocyte ratio». En: *Poultry science* 95.9, 2208-2215. Online: <https://bit.ly/3IGlg8E>.
- Shakeri, M. y col. (2018). «Betaine and antioxidants improve growth performance, breast mus-

- cle development and ameliorate thermoregulatory responses to cyclic heat exposure in broiler chickens». En: *Animals* 8.10, 162. Online: <https://bit.ly/30d7dG2>.
- Shaojun, H. y col. (2015). «Effects of dietary betaine on growth performance, fat deposition and serum lipids in broilers subjected to chronic heat stress». En: *Animal Science Journal* 86.10, 897-903. Online: <https://bit.ly/3s0rHxv>.
- Shlomo, Y. (2015). «Sturkie's Avian Physiology (Sixth Edition)». En: ed. por C. Scanes. Academic Press. Cap. Chapter 37 - Regulation of Body Temperature: Strategies and Mechanisms, págs. 869-905.
- Syafwan, S., R. Kwakkel y M. Verstegen (2011). «Heat stress and feeding strategies in meat-type chickens». En: *World's Poultry Science Journal* 67.4, 653-674. Online: <https://bit.ly/30fMvW5>.
- The developmet Core Team (2017). *A language and environment for statistical computing*. Foundation for statistical computing.
- Tickle, P., J. Hutchinson y J. Codd (2018). «Energy allocation and behaviour in the growing broiler chicken». En: *Scientific reports* 8.1, 1-13. Online: <https://go.nature.com/3lUkbA5>.
- Tolba, A., S. Shabaan y A. Wagdy (2007). «Improvement of Fayoumi laying hens performance under hot climate conditions, 2. Betaine, folic acid and choline.» En: *Egyptian Poultry Science Journal* 1, págs. 21-35.
- Zaboli, G. y col. (2019). «How can heat stress affect chicken meat quality? A review». En: *Poultry science* 98.3, 1551-1556. Online: <https://bit.ly/3rSzJs7>.
- Zahoor, I. y col. (2016). «Predicted optimum ambient temperatures for broiler chickens to dissipate metabolic heat do not affect performance or improve breast muscle quality». En: *British poultry science* 57.1, 134-141. Online: <https://bit.ly/3EK1WVD>.
- Zhang, S. y col. (2016). «Effects of sustained cold and heat stress on energy intake, growth and mitochondrial function of broiler chickens». En: *Journal of integrative agriculture* 15.10, 2336-2342. Online: <https://bit.ly/3EK2KtD>.
- Zulkifli, I., S. Mysahra y L. Jin (2004). «Dietary Supplementation of Betaine (Betafin) and Response to High Temperature Stress in Male Broiler Chickens». En: *Asian-australasian journal of animal sciences* 17.2, 244-249. Online: <https://bit.ly/3rQPzn3>.



CUANTIFICACIÓN DEL FLUJO DE  $CO_2$  EN EL SUELO COLONIZADO  
POR *AVICENNIA GERMINANS*, EMPLAZADO EN EL HUMEDAL  
LAGUNA GRANDE, SECTOR LOS TOTUMOS, ESTADO MIRANDA,  
VENEZUELA

QUANTIFICATION OF THE  $CO_2$  FLOW IN THE SOIL COLONIZED BY *AVICENNIA  
GERMINANS*, LOCATED IN THE LOS TOTUMOS, MIRANDA STATE,  
VENEZUELA

María Ugas Pérez<sup>id</sup>, Rossany Calderón Castellanos<sup>id</sup>, Ferney Rivas Meriño<sup>id</sup> y  
Franklin Núñez Ravelo\*<sup>id</sup>

Departamento de Geografía e Historia, Universidad de Pedagógica Experimental Libertador Instituto Pedagógico de Caracas.  
Centro de Investigaciones "Estudio del Medio Físico Venezolano" Código Postal 1020, Caracas, Venezuela.

\*Autor para correspondencia: franklingeove@hotmail.com

Manuscrito recibido el 20 de abril de 2020. Aceptado, tras revisión, el 03 de enero de 2021. Publicado el 1 de marzo de 2022.

### Resumen

Se estima que los ecosistemas de manglar tienen un elevado potencial en el ciclo global de carbono por su alto contenido de materia orgánica (Dittmar y col., 2006), y en consecuencia una relevante importancia en el flujo del  $CO_2$  como el gas invernadero de mayor impacto en el calentamiento global (Benavides y León, 2007; Caballero, Lozano y Ortega, 2007; CESP, 2013). No obstante, en Venezuela los estudios centrados en este asunto son escasos, es por ello que la presente investigación tuvo como propósito precisar diferencias significativas en el flujo de  $CO_2$  en suelo colonizado por *Avicennia germinans*, así como no rizosférico, emplazado en el sector Los Totumos. Se asumió una investigación desarrollada en tres fases: (a) trabajo de campo, a fin de coleccionar 120 muestras de suelo superficial (0-20 cm), (b) laboratorio, con el propósito de estimar el flujo de  $CO_2$  a partir del método de respiración basal (Anderson, 1982) y (c) análisis estadístico, para identificar con base en el ANOVA y prueba de Tukey, diferencias significativas. Se evidencia que existen diferencias significativas, con flujos de 7,51 mg C- $CO_2$  g/24h en la zona rizosférica y 1,49 mg C- $CO_2$  g/24h para la no rizosférica. Se concluye que: (a) la actividad microbiana en el suelo, inducida por las condiciones edáficas que genera la presencia de la *Avicennia germinans* posiblemente está contribuyendo con la evolución del mismo, y (b) se reafirma que los ecosistemas de manglar constituyen fuente de  $CO_2$  y sumidero del gas ante el impacto del cambio climático.

**Palabras clave:** Respiración basal, microorganismos,  $CO_2$ , manglar, *Avicennia germinans*.

---

**Abstract**

Mangrove ecosystems are estimated to have a high impact potential on the global carbon cycle because of their high organic matter content (Dittmar y col., 2006), and consequently a significant importance in CO<sub>2</sub> flow as the greenhouse gas with the greatest impact on global warming (Benavides y León, 2007; Caballero, Lozano y Ortega, 2007; CESP, 2013). In Venezuela, however, studies focusing on this issue are scarce, hence the aim of this research was to specify significant differences in the flow of CO<sub>2</sub> in soil colonized by *Avicennia germinans*, as well as non-rizospheric located in Los Totumos sector. Research developed in three phases was applied: (a) fieldwork, in order to collect 120 surface soil samples (0-20 cm), (b) laboratory, with the purpose of estimating the CO<sub>2</sub> flow from the basal breathing method (Anderson, 1982) and (c) statistical analysis, to identify significant differences based on the ANOVA and Tukey test. It is evident that there are significant differences, with flows of 7.51 mg C-CO<sub>2</sub> g/24h in the rhizospheric area and 1.49 mg C-CO<sub>2</sub> g/24h for non-rizospheric. It is concluded that: (a) microbial activity in the soil, induced by the presence of *Avicennia germinans*, is possibly contributing to its evolution, and (b) it is reaffirmed that mangrove ecosystems are a source of CO<sub>2</sub> and reservoir gas to the impact of climate change.

**Keywords:** Basal breathing, microorganisms, CO<sub>2</sub>, mangrove, *Avicennia germinans*.

---

Forma sugerida de citar: Ugas Pérez, M., Calderón Castellanos, R., Rivas Meriño, F., y Núñez Ravelo, F. (2022). Cuantificación del flujo de CO<sub>2</sub> en el suelo colonizado por *Avicennia germinans*, emplazado en el humedal Laguna Grande, sector Los Totumos, estado Miranda, Venezuela. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 35(1):85-97. <http://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.07>.

---

IDs Orcid:

María Ugas Pérez: <http://orcid.org/0000-0003-4798-8805>

Rossany Calderón Castellanos: <http://orcid.org/0000-0002-2795-0183>

Ferney Rivas Meriño: <http://orcid.org/0000-0001-6946-3992>

Franklin Núñez Ravelo: <http://orcid.org/0000-0001-5501-3085>

## 1 Introducción

El suelo es un importante reservorio de carbono, ya que en sus primeros metros se pueden hallar alrededor de 1500 Pg C (Petagramos de carbono), mientras que en la atmósfera se estiman unos 800 Pg C, y en la vegetación terrestre aproximadamente unos 500 Pg C. Sin embargo, este se encuentra en constante movimiento en diferentes formas moleculares (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2017).

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), constituye uno de los derivados del carbono orgánico que se encuentra en permanente interacción en el sistema climático. En la relación suelo-atmósfera, este gas invernadero es producido por diversas condiciones: (a) por la respiración de los micro y macro organismos, así como por las raíces vivas en la rizosfera, además de la materia orgánica descompuesta directamente de las plantas o a través de las cadenas tróficas (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1999; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2017), y (b) absorbido en el suelo desde la atmósfera, por las plantas en el proceso de fotosíntesis, mediante el cual se fija el carbono para producir biomasa y se libera la partícula de oxígeno a la atmósfera (Visconti y De Paz, 2017).

Ahora bien, este secuestro de CO<sub>2</sub> en la estructura del suelo es de gran importancia para el ciclo climático global, ya que contribuye con el equilibrio de los gases de efecto invernadero en la atmósfera. Es importante destacar que los bosques cubren el 29% de la superficie emergida del planeta, y el carbono que se encuentran en sus suelos constituye aproximadamente un 36% del total localizado a un metro de profundidad (Zambrano, Franquis e Infante, 2004), siendo la respiración del suelo el flujo más importante del ciclo del carbono (López y Monterroso, 2020), representando aproximadamente el 75% del total en estos ecosistemas (Law y col., 2001). En el caso particular del manglar, Moreno y col. (2002); Kauffman, Donato y Adame (2013), coinciden en referir que estos contienen las reservas más grandes de carbono, debido al desarrollo de un complejo ecosistema que contribuye con la captura del CO<sub>2</sub> en el suelo.

De acuerdo con lo referido por Kao, Freyre y Bal-

ser (2010), debido a la dominancia de ciertas plantas típicas en ambientes tipo humedales, se produce el flujo de oxígeno desde la atmósfera hacia la zona superficial y subsuperficial del suelo, específicamente hacia la rizosfera, propiciando la producción-oxidación de gases de efecto invernadero, de allí que el aporte y calidad del carbono orgánico puede estar influenciada por la capacidad forestal de la especie dominante. Es posible que por estar ubicados en zonas intermareales, es decir, en la transición entre la zona de marea alta y marea baja, este tipo de bosques se encuentren inundados periódicamente por acción de la pleamar, por lo que el suelo pasa por procesos dinámicos de oxidación-reducción, generando condiciones propicias para la activación de procesos microbiológicos, tales como la nitrificación, desnitrificación y metanogénesis, generadores de gases invernaderos que en ocasiones puede ser liberado a la atmósfera (Chen y col., 2016).

Por su parte Sánchez y col. (2011), refirieron que los suelos de los humedales donde se desarrollan los manglares almacenan por largo tiempo el carbono, motivado a que estos por lo general se mantienen mayormente inundados. No obstante, debido al poco reconocimiento de la importancia de estos reservorios, aunado a los impactos generados por las acciones antropogénicas, estos se han reducido en un 35% del total. En efecto, la acción antropogénica asociada con los diversos usos del suelo, aunado a la tala y la quema de grandes extensiones de terreno, han generado perturbación de los ecosistemas que constituyen reservorios, y en consecuencia un desequilibrio ambiental, propiciando que los suelos pasen de ser sumideros a fuentes de emanación de CO<sub>2</sub>, potenciando el calentamiento global en el planeta (Sánchez y col., 2011; Visconti y De Paz, 2017; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2017).

De allí que Villalobos (2012), expresan que es necesario gestionar de la manera más apropiada los hábitats que son reservorios de carbono, tal como los manglares, a fin de conocer su capacidad forestal para la producción-almacenamiento de los gases de efecto invernadero, con el objeto de contribuir con la mitigación de los impactos generados al sistema climático. En este sentido, se han llevado a cabo investigaciones que permiten conocer las potencialidades forestales de los bosques de manglar, referentes a la producción y secuestro de CO<sub>2</sub>;

entre estas, los aportes de Kauffman, Donato y Adame (2013) y Herrera y col. (2016), quienes expresan que México y Brasil forman parte de los 4 países con mayor reserva de manglares a nivel mundial. Por su parte, Moreno y col. (2002), Lozano (2007) y Sánchez y col. (2011), coinciden que, dentro de los humedales costeros, los manglares son un reservorio importante para la fijación o captura de carbono.

Para Costa Rica y Colombia, Yepes y col. (2016) y Villalobos (2012), respectivamente, afirman que los manglares forman parte de los ecosistemas más productivos del planeta en cuanto a producción de carbono, por lo que constituyen un ambiente clave para la mitigación del calentamiento global. Venezuela, por encontrarse en plena zona intertropical y poseer una extensa línea de costa, presenta importantes comunidades de manglar, sobre los cuales se han llevado a cabo diversos estudios dirigidos hacia el reconocimiento de su distribución geográfica, así como su caracterización estructural con base a los métodos de la biología, botánica y la agronomía, (Pannier y Pannier, 1989; Medina y Barboza, 2003; López, Barreto y Conde, 2011; Cumana, Prieto y Ojeda, 2000; Bonilla y col., 2010; Romero y Meléndez, 2013).

Núñez y col. (2019), reportaron para el manglar ubicado en Boca de Uchire, localizado a 94,93 km al sureste de Los Totumos, diferencias en el flujo de CO<sub>2</sub> en suelos no rizosféricos, en contraste con los dominados en superficie por *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*. De igual forma, Sánchez, Paolini y Rodríguez (2010), identificaron variaciones en el flujo de CO<sub>2</sub> en suelos colonizados por *Rizophora mangle* en la isla de Margarita, estimando que debido a que las condiciones climáticas inciden en la disponibilidad de sal en el suelo, esta afecta el flujo del referido gas. Como se evidencia, los estudios sobre la cuantificación del carbono orgánico, así como los flujos de dióxido de carbono en estos ecosistemas son escasos, y hasta ahora no se ha desarrollado en la zona de estudio: humedal Laguna Grande, sector Los Totumos. Esta zona se encuentra ubicada al suroeste de Cabo Codera, astronómicamente se localiza entre los 10° 32' 34" y los 10° 32' 44" de latitud norte, y entre los 66° 4' 44" y 66° 4' 54" de longitud oeste, limitando al norte con la Cordillera

de la Costa, al oeste con bahía de Buche y al sur y al este con el Mar Caribe. (Figura 1), se extiende en 7,77 ha, de las cuales el bosque monoespecífico de *Avicennia germinans* ocupa 4,42 ha, lo que representa el 56,88% de la superficie total (Figura 2).

De acuerdo con Garrido (2017), geomorfológicamente el área constituye un depósito tipo playa semielongada con una longitud de aproximadamente 400 metros, y presenta un relieve suave con mayor desarrollo hacia los extremos norte y sur que en la zona central, constituido fundamentalmente por partículas de la talla de la arena media, con predominancia de bioclastos. Los datos de las estaciones climáticas Carenero y Tacarigua Mamporal, adscritas a la Dirección de Hidrología y Meteorología de (Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, 2013a; Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, 2013b), localizadas en la misma línea de costa sin marcadas diferencias altitudinales ni latitudinales entre estas y Los Totumos, permiten afirmar que el área presenta temperaturas correspondientes a un régimen isotérmico, con una media anual estimada de 26,75 °C, siendo los meses más cálidos abril y octubre con 27,7 °C, y los meses más frescos de noviembre a marzo, con un mínimo registrado de 25,15 °C. Las precipitaciones se distribuyen en un régimen unimodal para alcanzar un monto anual de 1141,3 mm, cuyo periodo lluvioso se extiende desde junio a diciembre. La evaporación es elevada durante todo el año, estimándose un monto anual de 1.781,9 mm (Figura 3).

De acuerdo con la clasificación de Goldbrunner (Foghin, 2002), el área se ubica en el piso térmico tropical, con altitudes que no sobrepasan los 10 msnm. En cuanto a los rasgos edáficos, predomina el orden Entisols, con suelo caracterizado por presentar un material poco desarrollado con profundidad menor a 10 metros, un horizonte superficial incipiente que descansa sobre el material rocoso, textura arenosa, altamente salino y alcalino, del suborden Orthens y del gran grupo de los Torriorthens (Cárdenas, 1965; Elizalde, viloria y Rosales, 2007; Gobernación del Estado Bolivariano de Miranda, 2010).

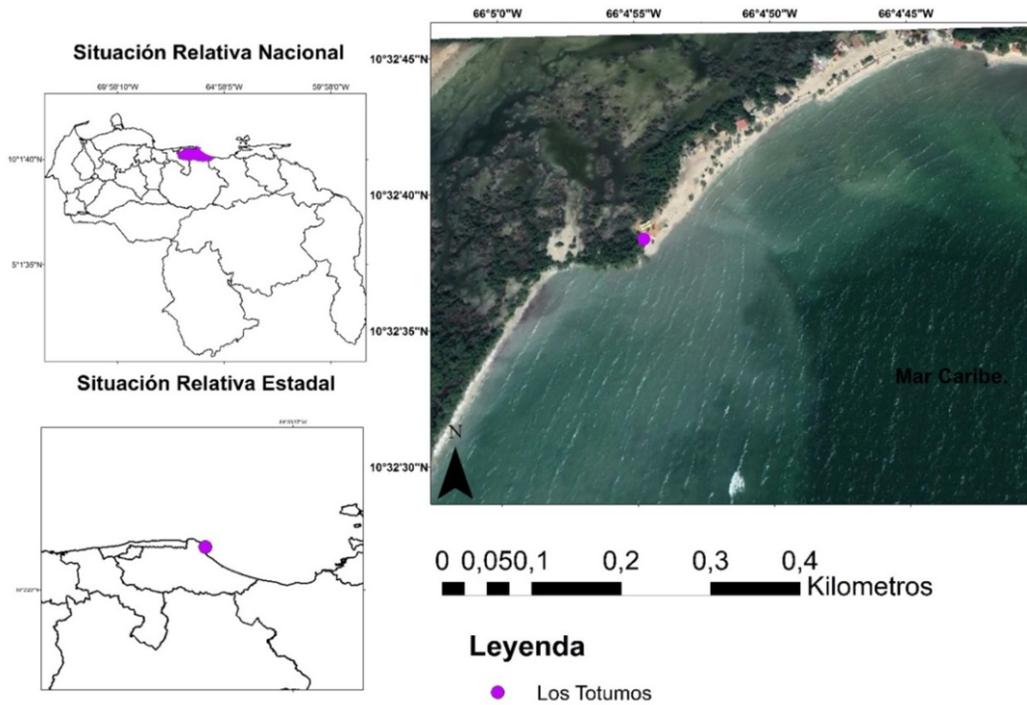


Figura 1. Mapa de Localización de Los Totumos. Elaborado a partir de la Imagen Satelital Lansatd 8. Combinación de las bandas 321: Color natural.

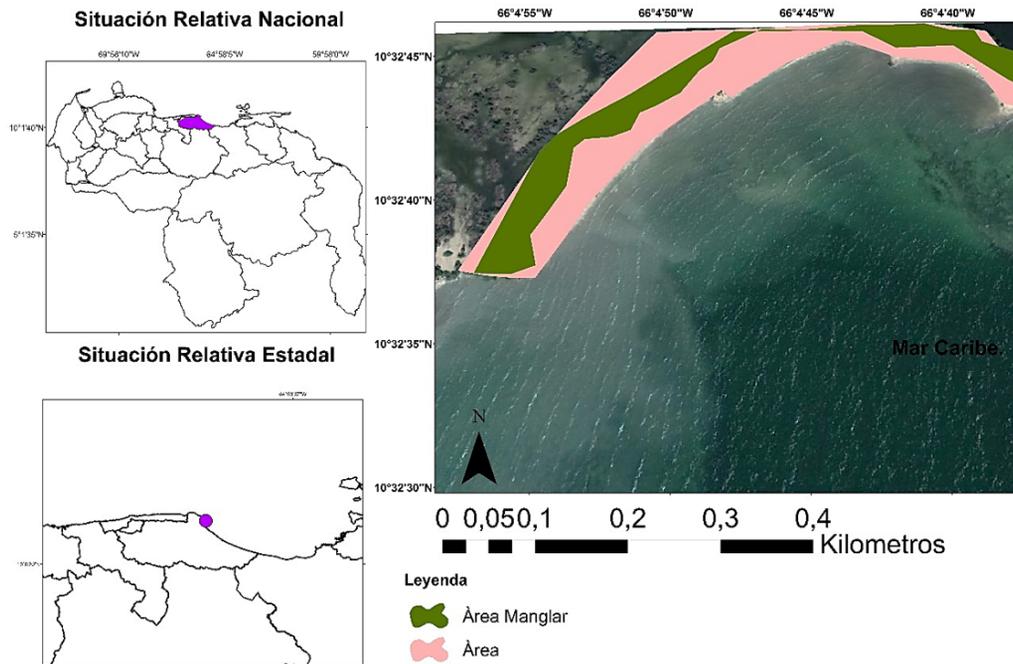
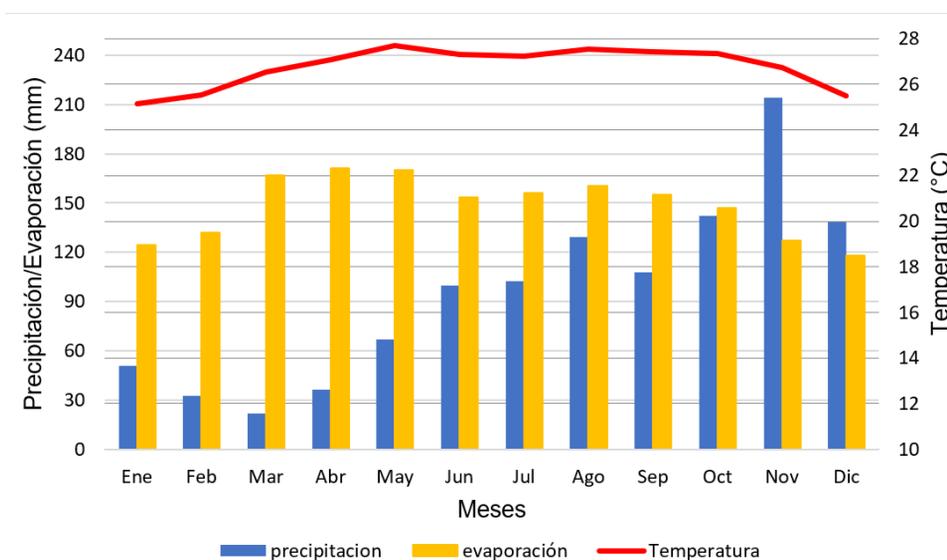


Figura 2. Mapa de la superficie cubierta por el bosque de *Avicennia germinans* en el sector Los Totumos, humedal Laguna Grande.

Huber (2007) y la Gobernación del Estado Bolivariano de Miranda (2010), coinciden en referir que la vegetación dominante para el tramo costero presenta espinares, palmares, herbazales y manglares. En el sector Los Totumos, se identifica el desarrollo de manglares en bosque monoespecífico de *Avicennia germinans* con cobertura cerrada. Lentino y Bruni (1994), reportan para el sector las desembocaduras de las quebradas: Los Totumos, Horno, Laguna Grande y Hoyo de la tierra, con un régimen tipo uadi. Adicionalmente, Lara, Suarez y Marcucci (1997), afirman que desembocan los ríos Curiepe, Capaya y Tuy, con patrones de escurrimiento permanentes.

Con base en los preceptos anteriores, se asume

que el manglar ribereño y monoespecífico de *Avicennia germinans* emplazado sobre el suelo Entisols del sector Los Totumos en el humedal Laguna Grande, pese a que no ha sido hasta ahora objeto de estudios que permitan conocer sus condiciones estructurales, así como su aporte al ciclo total del carbono, es un espacio propicio por su accesibilidad y evolución, para identificar localmente el posible potencial forestal de la referida especie de manglar en el flujo de CO<sub>2</sub>. Es por ello que el propósito de la presente investigación fue precisar diferencias significativas en el flujo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en suelo colonizado por *Avicennia germinans* así como no rizosférico, a partir del contraste de muestras superficiales (0-20 cm profundidad).



**Figura 3.** Climodiagrama. Elaborado a partir de la información de la hoja de datos de las respectivas estaciones, obtenidas a través de la dirección de Hidrología y Meteorología del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. Los datos de precipitación corresponden a la estación Carenero, y los de temperatura y evaporación a la estación Tacarigua Mamporal.

## 2 Materiales y Métodos

### 2.1 Fase de campo

El trabajo de campo se llevó a cabo en mayo de 2019, considerando que está activo el período lluvioso, lo cual constituye un aspecto fundamental en la colecta de las muestras de suelo con el propósito de cuantificar el CO<sub>2</sub> liberado. En efecto, tal como refieren Luo y Zhou (2006), la mayor disponibilidad

de agua genera un incremento en la actividad metabólica de las raíces y microorganismos, lo cual se expresa en el aumento de la respiración.

Durante la ejecución de esta fase, se realizó la observación general del área a fin de reconocer los patrones de cobertura del manglar, caracterizándolo como un bosque monoespecífico de *Avicennia germinans*, así como identificar la accesibilidad y homogeneidad del terreno, procurando las áreas que

visiblemente presentaran el menor impacto asociado a la acción antropogénica. Con base en esta información se seleccionaron cuatro parcelas de 1000 m<sup>2</sup>, lo que representa aproximadamente el 10% del total de la superficie del bosque.

A fin de realizar la colecta de las muestras de suelo, se seleccionaron en el área del manglar dos parcelas colonizadas por *Avicennia germinans*, siendo estas consideradas como las que reciben la influencia de la especie como elemento interviniente en el flujo de CO<sub>2</sub> en el suelo, y dos parcelas que aun estando ubicadas en la zona de manglar, no presentan vegetación en superficie, por lo que se consideran no rizosféricas, las cuales para efectos de la investigación constituyen la muestra sin elemento interviniente.

Las muestras de suelo se colectaron a nivel superficial (0-20 cm), considerando: (a) para zonas con presencia de *Avicennia germinans*, el suelo en el área más próxima a la base del individuo arbóreo, y (b) para la zona desprovista de manglar, una distancia no menor a 5 metros lineales por punto de muestreo. Bajo el criterio antes descrito, se colectaron 120 muestras de suelo, distribuidas de la siguiente manera: (a) 60 muestras de suelo dominados por *Avicennia germinans*, y (b) 60 muestras de suelo no rizosférico o desprovisto de manglar en superficie.

Las muestras fueron resguardadas en bolsas de polietileno denso, identificadas con etiqueta contentiva de la siguiente información: clave única de identificación, coordenadas del punto de muestreo, fecha y hora de la colecta. Las mismas fueron preservadas para su transporte al laboratorio, en una cava con una temperatura controlada entre 4 °C a 6 °C.

## 2.2 Fase de laboratorio

Durante el desarrollo de esta fase se procedió a determinar el CO<sub>2</sub> liberado, empleando el método de respiración basal, con base en el protocolo reportado por Anderson (1982). Para esto, las muestras de suelo conservadas a humedad de campo y cernidas en el tamiz de 10 mm fueron pre-acondicionadas a temperatura ambiente (24 °C), a fin de lograr su estabilización. Posteriormente, se colocaron 50 g de

cada muestra de suelo en frascos de vidrio de 500 ml de capacidad con sus respectivas tapas. Adicionalmente, en frascos de vidrios color ámbar se suspendió una trampa de álcali en cada uno de los frascos, contentiva de 5 ml de una solución de Hidróxido de Sodio (NaOH) a 0,1 mol. Las muestras tratadas fueron ubicadas en un lugar oscuro del laboratorio. Transcurridas 24 horas, se procedió a retirar dicha trampa y a colocar la solución en frascos de vidrios, adicionándose con una pipeta automática 2 ml de Cloruro de Bario (BaCl<sub>2</sub>) y 2 gotas de fenolftaleína (C<sub>20</sub>H<sub>14</sub>O<sub>4</sub>) como indicador de pH para determinar la alcalinidad de la solución. El CO<sub>2</sub> absorbido fue titulado con ácido clorhídrico (HCl) a 0,1 mol. El resultado fue expresado en mg C- CO<sub>2</sub> g/24 h. Adicionalmente, durante la ejecución de este procedimiento también se emplearon frascos sin muestras de suelo con trampas de álcali, a fin de establecer un patrón de comparación.

## 2.3 Fase de análisis estadístico

Para determinar las posibles variaciones en las cuatro parcelas en estudio, así como identificar la influencia de la *Avicennia germinans* como fuente de variación en el flujo de CO<sub>2</sub> en el suelo, los datos fueron analizados estadísticamente a partir de las siguientes pruebas: (a) el Análisis de varianzas (ANOVA), a fin de precisar las diferencias significativas entre las medias de cada grupo de muestras, correspondientes a las cuatro parcelas en estudio; y (b) la prueba Tukey para identificar, una vez asumida las diferencias significativas en al menos uno de los cuatro conjunto de muestras, cuáles grupos de muestras son diferentes honestamente significativas.

## 3 Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se presentan los valores mínimo, máximo y promedio, correspondientes al flujo de CO<sub>2</sub> (mg C-CO<sub>2</sub> g/24h) en el suelo para las cuatro parcelas en estudio. El ANOVA estimado por parcela arrojó para la prueba F 334,41 y una probabilidad de  $6,5 \times 10^{-57}$  (Tabla 2), lo que permite asumir en al menos un grupo de datos, de las cuatro parcelas en estudio, que la media es diferente con 95% confiabilidad.

**Tabla 1.** Análisis descriptivo del flujo de CO<sub>2</sub> (mg C-CO<sub>2</sub> g/24h) en el suelo

Cobertura	Valor mínimo	Valor máximo	X	s	O <sub>2</sub> '
Parcela 1 (cm)	1,11	8,89	7,39	1,11	1,20
Parcela 1 (sm)	0,10	2,39	1,63	0,90	2,30
Parcela 2 (cm)	1,30	9,37	7,63	1,31	1,65
Parcela 2 (sm)	0,10	2,74	1,35	0,76	0,55

cm= con manglar/ sm= sin manglar/ x= media/ s= desviación típica/ O<sub>2</sub>' = varianza.

**Tabla 2.** Análisis de varianza (ANOVA) para las cuatro parcelas en estudio

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1089,08	3	363,02	334,41	6,5*10 <sup>-57</sup>	2,68
Dentro de los grupos	125,92	116	1,08			
Total	1215,00	119				

La prueba Tukey arrojó un valor de HSD de 0,69 lo que permite afirmar que: (a) no existen diferencias significativas entre las medias ponderadas de las muestras correspondientes a las parcelas con *Avicennia germinans*, como tampoco se identifican diferencias significativas entre las medias ponderadas de las muestras correspondientes al suelo no rizosférico, y (b) existe diferencia significativa al

comparar las medias ponderadas de las parcelas que presentan manglar en superficie, con aquellas que no lo presentan (Tabla 3; Figura 4). Se considera que existe una diferencia significativa (<sup>HSD</sup>) si la diferencia de medias entre los grupos de muestras es superior al valor de HSD.

**Tabla 3.** Prueba de diferencia honestamente significativa de Tukey para el flujo de CO<sub>2</sub> correspondientes a muestras de suelo en las cuatro parcelas en estudio.

HSD = 0,69	Parcela 1 (cm)	Parcela 1 (sm)	Parcela 2 (cm)	Parcela 2 (sm)
Parcela 1 cm	***	5,76 <sup>(HSD)</sup>	0,24	6,03 <sup>(HSD)</sup>
Parcela 1 sm	5,76 <sup>(HSD)</sup>	***	6,00 <sup>(HSD)</sup>	0,27
Parcela 2 cm	0,24	6,00 <sup>(HSD)</sup>	***	6,27 <sup>(HSD)</sup>
Parcela 2 sm	6,03 <sup>(HSD)</sup>	0,27	6,27 <sup>(HSD)</sup>	***

cm= con manglar/ sm= sin manglar

De acuerdo al análisis anteriormente referido, se puede afirmar que en la zona de estudio, el suelo cubierto en superficie por *Avicennia germinans* presenta un flujo de CO<sub>2</sub> promedio de 7,51 mg C-CO<sub>2</sub> g/24h, lo cual es significativamente distinto al 1,49 mg C-CO<sub>2</sub> g/24h estimado para los suelos desprovistos en superficie de la referida especie de manglar o no rizosféricos. Esto supone un flujo de 83,44% para el suelo cubierto por manglar, en con-

traste con el 16,56% estimado para el suelo no rizosférico. (Tabla 4; Figura 5). Como ya se refirió, para el sector de Boca de Uchire, Núñez y col. (2019), identificaron diferencias significativas, estimando que para el suelo no rizosférico el flujo es de 3,74 mg C-CO<sub>2</sub> g/24h, mientras que los colonizados por *Avicennia germinans* registran 10,61 mg C-CO<sub>2</sub> g/24h, y en *Conocarpus erectus* 13,88 mg C-CO<sub>2</sub> g/24h.

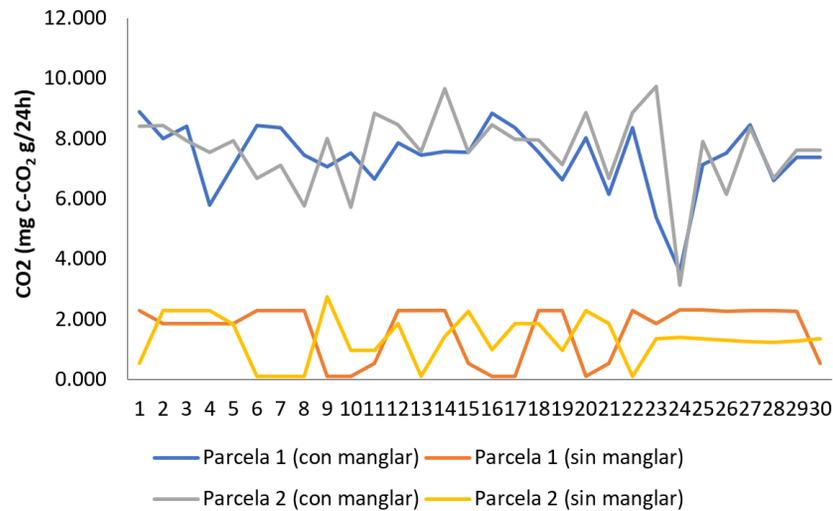


Figura 4. Distribución del flujo de CO<sub>2</sub> (mg C-CO<sub>2</sub> g/24h) en el suelo por parcela y cobertura

Es posible que el valor inferior de flujo de CO<sub>2</sub> en el suelo colonizado por *Avicennia germinans* del sector Los Totumos, en comparación con lo reportado para la misma especie de manglar en Boca de Uchire, esté vinculado con las condiciones de salinidad edáfica, ya que el exceso de este componente no solo afecta el desarrollo estructural de las plantas (Cintron y col., 1978), limitando su potencialidad forestal como sumidero de CO<sub>2</sub> (Mitra, Banerjee y Bhattacharyya, 2004).

En efecto, Sánchez, Paolini y Rodríguez (2010), identificaron variaciones en el flujo de CO<sub>2</sub> en suelos colonizados por *Rizhophora mangle*, asociados a las fluctuaciones de sodio por períodos climáticos, registrando para el suelo altamente salino: 21,1 ± 18,9 mg C-CO<sub>2</sub> g/24h (período seco), 25,0 ± 12,3 mg C-CO<sub>2</sub> g/24h (período lluvioso) y 31,9 ± 18,5 (período de transición). Si bien se trata de diferentes especies de manglar, es posible que la condición de alta salinidad referida para el suelo de Los Totumos sea un factor incidente en el flujo del CO<sub>2</sub>.

Singh y col. (2010), refieren que las tasas lentas de respiración de suelo pueden ser consideradas como indicadores de una limitada actividad biológica, estrés generado por un uso inadecuado, perturbaciones climáticas, o incluso déficit de recursos. De acuerdo con Carrero y García (2009), estos manglares han sido talados para el desarrollo de obras de ingeniería con fines turísticos y comerciales, gene-

rando algunos efectos negativos. De allí que se considere que la intervención antropogénica en la zona ha generado condiciones de perturbación al equilibrio ecológico del manglar, afectando el desarrollo estructural del bosque, y limitando la potencialidad forestal en la captura y almacenamiento del CO<sub>2</sub> en el suelo.

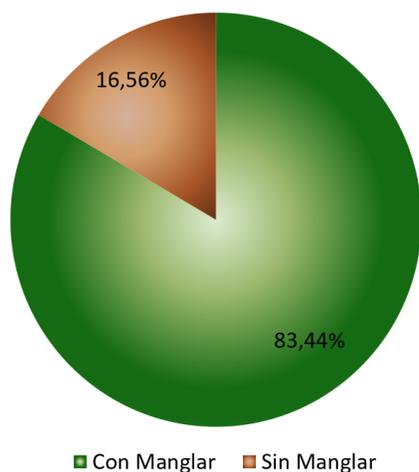
Tabla 4. Distribución porcentual del flujo de CO<sub>2</sub> (mg C-CO<sub>2</sub> g/24h) en el suelo por cobertura.

Cobertura	Promedio CO <sub>2</sub>	%
Con Manglar	7,51	83,44
Sin Manglar	1,49	16,56

En cuanto a la penetración del oxígeno en el suelo en zonas de manglar, Olguín, Hernández y Sánchez (2007), refieren que éste está limitado a los primeros centímetros del perfil de suelo, debido a que el nivel freático próximo a la superficie potencia las condiciones de reducción, generando que la respiración bacteriana utilice NO<sub>3</sub>, MnO<sub>2</sub>, FeOH<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> en la zona anaeróbica como aceptores finales de electrones. De allí que el aporte de CO<sub>2</sub> a las zonas anaeróbicas del suelo, posiblemente originado por la respiración de las raíces de los manglares, genere condiciones para la existencia de bacterias anaeróbicas, responsables de la descomposición de la materia orgánica en metano, confiriendo a esta zona del perfil del suelo la condición de sumidero de estos gases invernadero.

En la zona de oxigenación, el aporte de CO<sub>2</sub> está posiblemente originado por la respiración de microorganismos aeróbicos que habitan en la rizosfera, constituyendo un indicador indirecto de la actividad microbiana. En efecto, Karmarkar (1982) refiere que tal actividad biológica vinculada a la proliferación de microorganismos favorece la acumulación y descomposición de residuos orgánicos aportados por el manglar, en el período en que el suelo permanece con bajo contenido de agua.

No obstante, aun en períodos de inundación, Mitsch y Gosselink (2000), afirman que tales flujos de agua ayudan a disminuir las condiciones de reducción en la zona superficial del suelo, debido a que estas láminas aportan oxígeno disuelto, lo que favorece la actividad microbiana y la consecuente liberación de CO<sub>2</sub>. Este CO<sub>2</sub> liberado es generalmente transformado por las bacterias fotosintéticas en carbohidratos aprovechables por las plantas. Adicionalmente, los microorganismos que lo generan son fundamentales para la descomposición de la materia orgánica en humus lábil, beneficioso para el desarrollo de las plantas por su aporte de macronutrientes como el nitrógeno, indispensable para la succulencia y verdor de las hojas.



**Figura 5.** Distribución porcentual del flujo de CO<sub>2</sub> (mg C-CO<sub>2</sub> g/24h) en el suelo por cobertura.

En efecto, Hesse (1961) y González y col. (2016), plantean que la *Avicennia germinans* requiere para su desarrollo suelos con al menos 0,4% de nitrógeno. En este sentido, Holguín y col. (2007), afirman

que la proliferación de microorganismos propicia el incremento de la tasa de fijación biológica de nitrógeno, lo que contribuye con un 40 a 60% de los requerimientos del propio ecosistema de manglar.

El desarrollo de estos bosques genera un balance positivo para el sistema climático, ya que como plantean Canadell, Pitelka e Ingram (1995), presentan una alta potencialidad en el secuestro del carbono en el suelo, en respuesta al incremento del CO<sub>2</sub> atmosférico. De allí que Zhong y Qiguo (2001), afirmaron que estos suelos deben ser considerados como reguladores naturales de la concentración y flujo de CO<sub>2</sub> atmosférico. En efecto, Bouillon2008, afirmaron que estos bosques capturan de manera directa 4996 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> por año.

Con base en los anteriores preceptos, se reconoce que la dominancia en superficie de especies de manglar contribuye con el incremento de CO<sub>2</sub> en el suelo, y adicionalmente, se infiere que tal variación posiblemente tenga como uno de los elementos condicionantes las potencialidades edáficas de la especie colonizante, aunada a variables climáticas, edáficas y antropogénicas.

Adicionalmente, en suelos Entisols como el que se desarrolla en el sector Los Totumos, la actividad microbiana asociada a la presencia de la *Avicennia germinans* en superficie puede ser interpretada como un indicador del incipiente desarrollo pedogenético del mismo, ya que las bacterias activan el proceso de humificación, lo que supone que a estos suelos naturalmente minerales se adiciona por transformación de la materia orgánica, compuestos orgánicos que progresivamente aumentan la aireación, la capacidad de intercambio catiónico y las mejoras en la estructura.

## 4 Conclusiones

Con base en los resultados evidenciados en la presente investigación, se concluye que en el área de estudio se desarrolla un bosque monoespecífico de *Avicennia germinans* que cubre aproximadamente el 56% del total de la superficie del sector Los Totumos.

De igual forma, la cobertura de esta especie de manglar contribuye con el desarrollo de la activi-

dad microbiana en la zona superficial del suelo de orden Entisols, lo cual se deduce a partir de las diferencias significativas estimadas en la respiración de muestras correspondientes a zonas rizosféricas y no rizosféricas. En efecto, para la zona colonizada por la referida especie de manglar se estimó 7,51 mg C-CO<sub>2</sub> g/24h, mientras que la zona no rizosférica y desprovista de vegetación en superficie, la respiración estimada fue de 1,49 mg C-CO<sub>2</sub> g/24h. Esto supone un incremento de poco más de 500% en el flujo de CO<sub>2</sub>, asociado a la presencia del manglar en la zona superficial del suelo. También, la actividad microbiana en el suelo inducida por las condiciones edáficas que genera la presencia de la *Avicennia germinans* posiblemente está contribuyendo con la evolución del mismo. Finalmente, se reafirma que los ecosistemas de manglar constituyen una fuente de generación de CO<sub>2</sub>, por lo que su estudio debe contribuir a generar información que permita la toma de decisiones sobre su gestión, a los fines de mitigar la emisión de este gas invernadero hacia la atmósfera.

Se reconoce que es necesario continuar los estudios en el referido manglar, a fin de profundizar en el análisis de las posibles relaciones entre sus condiciones estructurales, las propiedades edáficas del suelo en donde se emplaza y el flujo del carbono total.

## Referencias

- Anderson, J. (1982). «Soil respiration». En: ed. por A. Page, R. Miller y D. Keeney. Second. Agronomy Monograph. Cap. Methods of soil analysis.
- Benavides, H. y G. León (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Inf. téc. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Online:https://bit.ly/3ck6Ls1.
- Bonilla, A. y col. (2010). «Ictiofauna y herpetofauna de los sistema lagunares Chacopata-Bocaripo y Campoma-Buena Vista, de la Península de Araya, estado Sucre, Venezuela». En: *Acta Biol. Venez* 30.1-2, 35-50. Online:https://bit.ly/3CmsiuU.
- CESPA (2013). *El cambio climático y los gases de efecto invernadero*. Inf. téc. CESPA. Online:https://n9.cl/748c.
- Caballero, M., S. Lozano y B. Ortega (2007). «Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra». En: *Revista digital universitaria* 8.10, 1-12. Online:https://bit.ly/329eGqg.
- Canadell, J., L. Pitelka y J. Ingram (1995). «The effects of elevated [CO<sub>2</sub>] on plant-soil carbon below-ground: a summary and synthesis». En: *Plant and Soil* 187.2, 391-400. Online:https://bit.ly/2YU38Gh.
- Cárdenas, A. (1965). *Geografía Física de Venezuela*. Talleres Gráficos Universitarios.
- Carrero, A. y M. García (2009). «Caracterización ambiental del sector Los Totumos-Bahía de Buche ubicado en el Humedal Laguna Grande Zona Costera del Estado Miranda: Opciones de Solución para los problemas detectados». En: *Revista de Investigación* 33.66, 119-146. Online:https://bit.ly/3DucZBx.
- Chen, G. y col. (2016). «Soil greenhouse gases emissions reduce the benefit of mangrove plant to mitigating atmospheric warming effect». En: *Biogeosciences Discussions*, 1-22. Online:https://bit.ly/3Cv2wEC.
- Cintron, G. y col. (1978). «Mangroves of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands». En: *Biotropica*, 110-121. Online:https://bit.ly/3qJJati.
- Cumana, L., A. Prieto y G. Ojeda (2000). «Flórula de la Laguna de Chacopata, península de Araya, estado Sucre, Venezuela». En: *Revista Saber* 12.1, 25-33. Online:https://bit.ly/3wYvR9n.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1999). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*. online:http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/KitSpanish. Pdf. .
- Dittmar, T. y col. (2006). «Mangroves, a major source of dissolved organic carbon to the oceans». En: *Global biogeochemical cycles* 20.1, 1-7. Online:https://bit.ly/3clHmhN.
- Elizalde, G., J. viloria y A. Rosales (12007). *Geografía de los Suelos de Venezuela*. Fundación Empresas Polar.
- Foghin, S. (2002). *Tiempo y Clima en Venezuela: aproximación a una geografía climática del territorio venezolano*. Instituto Pedagógico de Miranda José Manuel Siso Martínez.
- Garrido, D. (2017). «Geomorfología de los depósitos de playa ubicados en el tramo litoral Chirimena-Los Totumos, Estado Miranda, Venezuela». Tra-

- bajo de Grado no publicado. Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Gobernación del Estado Bolivariano de Miranda (2010). *Propuesta del Plan de Ordenación del Territorio del Estado Bolivariano de Miranda. Diagnóstico actualizado y propuesta de uso*. Inf. téc.
- González, L. y col. (2016). «Sobrevivencia y crecimiento de mangle negro (*Avicennia germinans* L.) en plantaciones reforestadas y regeneración natural». En: *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 7.14-15, 2769-2782. Online:https://bit.ly/3wVTxvd.
- Herrera, J. y col. (2016). «Dinámica del carbono (almacenes y flujos) en manglares de México». En: *Terra Latinoamericana* 34.1, 61-72. Online:https://n9.cl/ugh4t.
- Hesse, P. (1961). «Some differences between the soils of *Rhizophora* and *Avicennia* mangrove swamps in Sierra Leone». En: *Plant and Soil* 14.4, 335-346. Online:https://bit.ly/3HzC8NT.
- Holguín, G. y col. (2007). «Potencial biotecnológico de microorganismos en ecosistemas naturales y agroecosistemas». En: ed. por J. Sánchez. Universidad Nacional de Colombia. Cap. Microbiología de manglar y técnicas moleculares para su estudio, págs. 94-103.
- Huber, O. (2007). «GeoVenezuela 2. Physical medium and environmental resources]. En: ed. por P. Angeli y col. Caracas (Venezuela): Fundación Empresas Polar. Cap. Chapter 16. The great vegetation landscapes in Venezuela, págs. 538-575.
- Kao, J., D. Freyre y T. Balsler (2010). «Methane dynamics across wetland plant species». En: *Aquatic Botany* 93.2, 107-113. Online:https://bit.ly/3rbuDXI.
- Karmarkar, S. (1982). «Contributions to the ecology of halophytes». En: ed. por W. Junk. Springer. Cap. Senescence in mangroves, págs. 173-187.
- Kauffman, J., D. Donato y M. Adame (2013). *Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares*. Cifor.
- Lara, S., C. Suarez y H. Marcucci (1997). «Atlas morfodinámico costero de Venezuela». Tesis de maestría. Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Law, B. y col. (2001). «Spatial and temporal variation in respiration in a young ponderosa pine forest during a summer drought». En: *Agricultural and Forest Meteorology* 110.1, 27-43. Online:https://bit.ly/3cN2tcX.
- Lentino, M. y R. Bruni (1994). *Humedales Costeros de Venezuela. Ley de Zonas Costeras* (2001). Inf. téc. Caracas, Venezuela: Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela.
- López, B., M. Barreto y J. Conde (2011). «Caracterización de los manglares de zonas semiáridas en el noroccidente de Venezuela». En: *Interciencia* 36.12, 888-893. Online:https://bit.ly/3G05hzW.
- López, L. y A. Monterroso (2020). «Estrategias de mitigación de CO<sub>2</sub> a partir de la respiración del suelo». En: *La Granga: Revista de Ciencias de la Vida* 32.2, 30-41. Online:https://n9.cl/they3.
- Lozano, Y. (2007). «Los sumideros de carbono: Un análisis de la potencialidad económica en un bosque de manglar del Pacífico colombiano». En: *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente* 6, 82-92. Online:https://bit.ly/3Dd162c.
- Luo, Y. y X. Zhou (2006). *Soil respiration and the Environment*. First. USA: Elsevier.
- Medina, E. y F. Barboza (2003). «Manglares del sistema del lago de Maracaibo: Caracterización fisiográfica y ecológica». En: 16.2, 75-82. Online:https://n9.cl/9in25.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (2013a). *Datos de precipitación correspondiente a la estación Carenero*. Inf. téc. Dirección de Hidrología y Meteorología del Ministerio del Poder Popular.
- (2013b). *Datos de precipitación correspondiente a la estación Tacarigua Mamporal*. Inf. téc. Dirección de Hidrología y Meteorología del Ministerio del Poder Popular.
- Mitra, A., K. Banerjee y D. Bhattacharyya (2004). *The other face of mangroves*. Department of Environment.
- Mitsch, W. y J. Gosselink (2000). «The value of wetlands: importance of scale and landscape setting». En: *Ecological economics* 35.1, 25-33. Online:https://n9.cl/nzsz0.
- Moreno, E. y col. (2002). «Los manglares de Tabasco, una reserva natural de carbono». En: *Madera y Bosques* 8.1, 115-128. Online:https://bit.ly/3pfBiNR.
- Núñez, F. y col. (2019). «Flujo de CO<sub>2</sub> en suelos dominados por manglares *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*». En: *Revista Geográfica Venezolana* 60.2, 284-299. Online:https://bit.ly/31dfnPk.

- Olguín, E., M. Hernández y G. Sánchez (2007). «Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración». En: *Revista internacional de contaminación ambiental* 23.3, 139-154. Online: <https://bit.ly/3FTDbGs>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2017). *Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura*. Inf. téc. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Online: <https://bit.ly/32EoQ2p>.
- Pannier, F. y R. Pannier (1989). *Manglares de Venezuela*. Cuadernos Lagoven.
- Romero, G. y W. Meléndez (2013). «Caracterización geoquímica de los suelos asociados a distintas especies de mangle de la zona oeste del Golfo de Coro y noreste de la Península de Paraguaná, estado Falcón». En: *Revista Geos* 44, 25-32. Online: <https://bit.ly/2ZCEyKh>.
- Sánchez, L., J. Paolini y J. Rodríguez (2010). «Dinámica de las propiedades del suelo en bosques de *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae) en Isla de Margarita, Venezuela». En: *Revista de biología tropical* 58.2, 547-564. Online: <https://n9.cl/yfm7b>.
- Sánchez, R. y col. (2011). «Determinación del carbono almacenado en suelo con asociación de mangle rojo en Nuevo Campechito, Campeche». En: *Unacar Tecnociencia* 5.1, 1-7. Online: <https://bit.ly/3xDfD5K>.
- Singh, B. y col. (2010). «Microorganisms and climate change: terrestrial feedbacks and mitigation options». En: *Nature Reviews Microbiology* 8.11, 779-790. Online: <https://bit.ly/3d3oO6g>.
- Villalobos, M. (2012). «Estructura, composición florística, biomasa y carbono arriba del suelo en los manglares laguna de Gandoca y estero Limón, Limón, Costa Rica». Tesis de maestría. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Visconti, F. y J.M. De Paz (2017). «Estimación de la capacidad potencial de secuestro y emisión de CO<sub>2</sub> de los suelos agrícolas de la Comunidad Valenciana». En: *Ecosistemas* 256.1, 91-100. Online: <https://bit.ly/3HpzaL0>.
- Yepes, A. y col. (2016). «Ecuaciones alométricas de biomasa aérea para la estimación de los contenidos de carbono en manglares del Caribe Colombiano». En: *Revista de Biología Tropical* 64.2, 913-926. Online: <https://bit.ly/3cZxF8Y>.
- Zambrano, A., F. Franquis y A. Infante (2004). «Emisión y captura de carbono en los suelos en ecosistemas forestales». En: *Revista Forestal Latinoamericana* 35, 11-20. Online: <https://bit.ly/3riMfkb>.
- Zhong, L. y Z. Qiguo (2001). «Organic carbon content and distribution in soils under different land uses in tropical and subtropical China». En: *Plant and Soil* 231.2, 175-185. Online: <https://bit.ly/3d0GoHQ>.



## EFEECTO DE LA TEMPERATURA PREVIA A LA EXTRACCIÓN EN EL RENDIMIENTO Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DEL ACEITE DE MORETE (*Mauritia flexuosa* L.F.)

EFFECT OF THE TEMPERATURE PRIOR TO EXTRACTION ON THE YIELD AND FATTY ACID PROFILE OF MORETE OIL (*Mauritia flexuosa* L.F.)

Maritza Rivera<sup>1</sup> , Milton Ramos<sup>2</sup> , Mónica Silva\*<sup>2</sup> , Jorge Briceño<sup>3</sup>  y Mario Alvarez<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Fundación Caminos del Sol. Avenida Atahualpa 644 y Avenida Rumiñahui, Ambato, Ecuador.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Universidad Técnica de Ambato. Campus Huachi, Av. Los Chasquis y Río Payamino, CP. 180206, Ambato, Ecuador.

<sup>3</sup>Dirección de Investigación y Vinculación, Universidad Estatal de Bolívar, Av. Ernesto Ché Guevara y Gabriel Secaira, CP. 020150, Guaranda Ecuador.

\*Autor para correspondencia: [mdp.silva@uta.edu.ec](mailto:mdp.silva@uta.edu.ec)

Manuscrito recibido el 05 de agosto de 2020. Aceptado, tras revisión, el 13 de mayo de 2021. Publicado el 1 de marzo de 2022.

### Resumen

El morete (*Mauritia flexuosa* L. f.) es una palmera de la Amazonía que produce un fruto de agradable sabor, buen valor nutricional y alto contenido de aceite. El objetivo de la presente investigación fue estudiar el efecto del tratamiento térmico de las diferentes partes del morete en el rendimiento y perfil de ácidos grasos del aceite obtenido por prensado. Se aplicó un diseño de bloques completos al azar con tres réplicas, combinando el uso de pulpa y pulpa con corteza del fruto en diferentes condiciones de calentamiento antes del prensado: 45°C por 30 min, 65°C por 20 min y 85°C por 10 min. También, se determinó la estabilidad oxidativa del aceite empleando un Reactor Oxitest. Se obtuvieron aceites con diferentes contenidos de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, prevaleciendo el ácido oleico. El mejor tratamiento fue empleando la pulpa calentada a 85°C por 10 min y prensada, encontrándose un rendimiento de 56,77% de aceite con 79,80% de ácido oleico, y una estabilidad a la oxidación de 14,5 meses a 21°C, temperatura promedio de la ciudad de El Puyo, Ecuador, sitio donde se recolectó el morete. Por otro lado, se debe evaluar el efecto de esta temperatura previa a la extracción sobre el contenido de compuestos bioactivos y la posibilidad de oxidación de las grasas. En conclusión, el morete es una fuente de aceite y la tecnología de tratamiento con calor permitirá mejorar la extracción e industrialización, y ofrecer un aceite alternativo para la alimentación.

**Palabras clave:** Aceite vegetal, estabilidad oxidativa, extracción de aceite, índice de acidez, periodo de inducción, palmera amazónica.

### Abstract

Morete (*Mauritia flexuosa* L. f.) is a palm from the Amazon that produces a fruit with a pleasant taste, good nutritional value and a high oil content. The aim of the present research was to study the effect of the heat treatment of the different parts of morete on the performance and fatty acids profile of oil obtained by pressing. A randomized complete block design with three replicates was applied, combining the use of pulp and pulp with fruit rind under different heating conditions before pressing: 45°C for 30 min, 65°C for 20 min and 85°C for 10 min. Also, the oxidative stability of oil was measured using the Oxitest Reactor. Oils with different content of saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids were obtained with oleic acid prevalence. The best treatment was using pulp heated at 85°C for 10 min and pressing, founding a yield of 56.77% oil with 79.80% oleic acid, and oxidation stability of the oil 14.5 months at 21°C was determined, which is the average temperature of the city of El Puyo, Ecuador, where morete was collected. On the other hand, the effect of this temperature prior to extraction on the content of bioactive compounds and the possibility of oxidation of fats must be evaluated. In conclusion, morete is a good source of oil and the heat treatment technology will allow improving extraction, industrializing, and offering an alternative oil for food.

**Keywords:** Vegetable oil, oxidative stability, oil extraction, acid number, induction period, amazon palm tree.

---

Forma sugerida de citar: Rivera, M., Ramos, M., Silva, M., Briceño, J. y Alvarez, M. (2022). Efecto de la temperatura previa a la extracción en el rendimiento y perfil de ácidos grasos del aceite de Morete (*Mauritia flexuosa* L. f.). La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 35(1):98-111. <http://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.08>.

---

IDs Orcid:

Maritza Rivera: <http://orcid.org/0000-0002-7252-9902>

Milton Ramos: <http://orcid.org/0000-0003-3931-638X>

Mónica Silva: <http://orcid.org/0000-0001-8887-1553>

Jorge Briceño: <http://orcid.org/0000-0002-0692-1228>

Mario Alvarez: <http://orcid.org/0000-0002-6064-9456>

## 1 Introducción

Los aceites vegetales constituyen una fuente de ácidos grasos saturados, monoinsaturados o poliinsaturados, que juegan un papel importante en la nutrición humana (Kumar, Sharma y Upadhyaya, 2016). Por lo que existe interés en nuevas fuentes de aceites comestibles, como las provenientes de frutos y semillas de plantas que poseen aceites de importancia nutricional (Amri y col., 2017), entre las fuentes se tiene al fruto del morete, que posee un aceite con alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados, superiores al que posee el aceite de oliva (Milanez y col., 2016).

El morete (*Mauritia Flexuosa* L. f.) es una palmera que se encuentra en la región amazónica, tiene diferentes nombres, dependiendo del país en donde se desarrolle, así: morete en Ecuador, moriche en Colombia y en Venezuela, aguaje en Perú, palma real en Bolivia y burití en Brasil (Restrepo, Arias y Madriñán, 2016). Es una palmera monoica, monocaule y arborescente con tallos superiores a los 25 metros de alto y diámetro entre 30 a 60 cm, crece en los bosques amazónicos sobre suelos mal drenados, pantanos y planicies aluviales (Montúfar y Brokamp, 2011). Su fruto es fuente de alimento para aves, algunas especies de mamíferos y pueblos nativos, y se utiliza para producir jugos, cremas, jaleas, mermeladas y aceite (Pereira y col., 2016). Esta palmera es de importancia económica y social en los países donde crece (Bataglion y col., 2015; Forero-Doria y col., 2016).

Existen tres ecotipos de la palma, por el color de la fruta se mencionan tres variedades: (a) amarillo o posheco cuando el mesocarpio es amarillo, (b) colorado, cuando la parte externa es roja y (c) shambo, cuando el mesocarpio es rojo (Vásquez y col., 2010). Los frutos son de un tamaño de 6 a 7 cm, de color café-rojizo cuando alcanzan la madurez, con un peso de 50 g; está formado de un exocarpio con escamas imbricadas y un mesocarpio carnoso, la semilla tiene una forma subglobosa con un endospermo homogéneo (Trujillo-Gonzalez, Torres y Santana-Castañeda, 2011). El mesocarpio es comestible, rico en compuestos bioactivos, como vitaminas, antioxidantes, aceites insaturados y fibra dietética (Cruz y col., 2020; Rudke y col., 2019). El aceite del morete posee gran cantidad de ácido oleico un 79,33% en comparación con los demás ácidos

grasos de su composición (Cândido y Silva, 2017) y el valor nutricional del aceite puede variar según la temporada y el proceso de extracción (Aquino y col., 2012).

Los aceites empleados en la alimentación son susceptibles a la oxidación, lo que da lugar a olores rancios, sabores desagradables, decoloración y su vida útil se disminuye (Corbu, Rotaru y Nour, 2020), por lo que es importante conocer la estabilidad oxidativa de los aceites. Su determinación se realiza en condiciones normales de almacenamiento, utilizando el índice de peróxidos y métodos acelerados, empleando equipos como Rancimat o Reactor Oxitest (Rodríguez y col., 2015; Caruso y col., 2017). El reactor Oxitest es un instrumento que permite predecir la estabilidad a la oxidación en muestras sólidas o líquidas y es una alternativa rápida y ecológica en comparación con el método Rancimat (Tinello y col., 2018). El Oxitest somete a la muestra a un ambiente de estrés oxidativo a alta temperatura y alta presión de oxígeno; la caída de la presión de oxígeno dentro de las cámaras de oxidación depende de la composición del alimento y se expresa como período de inducción (IP), que es el tiempo requerido para obtener el punto de partida de la oxidación lipídica (Riciputi y Caboni, 2017).

Para la extracción de aceite en zonas rurales generalmente se emplea el prensado mecánico, porque tiene una inversión inicial baja y no requiere personal altamente capacitado para operar el equipo (Nde y Foncha, 2020), en base a lo indicado, el objetivo fue estudiar el efecto del tratamiento térmico en las diferentes partes del morete previo a la extracción en el rendimiento y perfil de ácidos grasos del aceite obtenido por prensado con el fin de obtener una tecnología que permita emplearse en las comunidades rurales donde se cultivan estas palmeras.

## 2 Materiales y Métodos

### 2.1 Frutos

Se emplearon frutos de Morete (*Mauritia flexuosa* L. f.) del ecotipo posheco de pulpa amarilla, adquiridos en el Mercado Los Plátanos, ubicado en el barrio Mariscal de la ciudad de El Puyo, provincia de Pastaza, Ecuador.

## 2.2 Extracción de aceite de morete por prensado

El proceso se basó en la metodología de extracción de aceite de oliva descrita por (Moreno y López, 2017) con modificaciones, y el cual se describe a continuación: los frutos del morete se limpiaron y se lavaron con agua corriente para eliminar impurezas; luego fueron separados manualmente la corteza, la semilla y la pulpa de morete.

Con la finalidad de mejorar la extracción del aceite, la pulpa y la corteza fueron sometidos a un tratamiento térmico antes del prensado; para lo cual se calentaron 400 g de las diferentes partes del morete en un recipiente de acero inoxidable utilizando una plancha de calentamiento marca IKA. Las condiciones de temperatura y tiempo de calentamiento se indican en la Tabla 1 y fueron diseñados

de acuerdo con las investigaciones de Adrianzén, Rojas y Luján (2011) y Tambunan y col. (2012). Se empleó un diseño de bloques completamente al azar en los tratamientos de las partes del morete y por triplicado.

La muestra tratada térmicamente se trituró utilizando una licuadora durante 3 min, posteriormente fue obtenido el aceite con una prensa manual Al-Equip (Figura 1). El aceite extraído se dejó en reposo al ambiente en embudos de decantación con el fin de separar el agua del aceite por diferencia de densidad. Finalmente, el aceite separado fue filtrado con un papel de filtro cualitativo grado 1, Whatman para eliminar los residuos sólidos y obtener un aceite sin partículas en suspensión. Los aceites obtenidos se envasaron en botellas de vidrio de color ámbar y almacenadas al ambiente hasta el día siguiente para su análisis.

**Tabla 1.** Tratamientos para la extracción de aceite de morete.

Experimento, T	Partes de la fruta	Pretratamiento	
		Temperatura, °C	Tiempo, minutos
T1	Pulpa con cáscara	45	30
T2	Pulpa con cáscara	65	20
T3	Pulpa con cáscara	85	10
T4	Pulpa	45	30
T5	Pulpa	65	20
T6	Pulpa	85	10



**Figura 1.** Extractora de aceite por prensado manual

## 2.3 Análisis de los frutos del morete

### Tamaño y peso

Los frutos de morete fueron medidos en su longitud (cm) desde la base hasta el ápice y el diámetro (cm) en la parte central con el uso de un pie de rey. Las masas de los frutos, cascara, pulpa y semilla se determinaron en una balanza analítica de acuerdo con el método descrito por Quispe y col. (2009).

### Humedad

Se analizó mediante pérdida de peso, Método Oficial 930.15 (AOAC, 2002). Se pesaron 5 g de muestra en capsulas de porcelana previamente seca y tarada, posteriormente se llevó a una estufa de secado a 105 °C hasta lograr un peso constante, luego se colocó en un desecador para su enfriamiento. Se determinó la pérdida de humedad de las muestras en porcentaje.

### Grasa

Se determinó empleando un solvente para la extracción continua de la grasa de las muestras, Método Oficial 920.39 (AOAC, 2002). Se pesaron 3 g de muestra molida y seca en un cartucho de celulosa y se agregaron 100 mL de hexano en un vaso previamente pesado; ambos recipientes se colocaron en un equipo Goldfish Velp Scientifica para extraer la grasa durante 4 h. Se retiró el vaso con la grasa para evaporar el disolvente en una estufa a 105 °C por 5 horas y se dejó enfriar en un desecador hasta temperatura ambiente antes de pesarlo. Al final, se determinó el porcentaje de la grasa presente en la muestra por diferencia de peso.

## 2.4 Análisis de los aceites extraídos por prensado

### Rendimiento de extracción de aceite por prensado

Se determinó mediante la relación entre el peso de aceite extraído, cuando se somete 400 g de las partes del morete a la fuerza de prensado y el peso de la grasa contenida en la muestra. La grasa del morete fue determinada por el Método Oficial 920.39 (AOAC, 2002). El rendimiento de la extracción de aceite se expresó en porcentaje de aceite extraído en cada tratamiento empleando la

Ecuación 1.

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Peso del aceite extraído del morete}}{\text{Peso de la grasa contenida en el morete}} * 100 \quad (1)$$

### Índice de acidez

Se determinó mediante titulación ácido base, Método Oficial No 940.28 (AOAC, 2002). Se basó en la determinación de los ácidos libres, para lo cual se disolvió la muestra de aceite en etanol y se valoraron los ácidos grasos libres mediante una solución etanólica de hidróxido de sodio 0,1M usando fenolftaleína como indicador visual. El índice de acidez se determinó mediante la Ecuación 2 y se expresó en porcentaje en ácido oleico.

$$IA = \frac{M * V * M_{NaOH}}{10 * m} \quad (2)$$

Donde:

IA = índice de acidez del aceite (% ácido oleico)

M = masa molecular del ácido oleico (282 g/mol)

V = volumen de la solución de hidróxido consumido en la titulación en cm<sup>3</sup>

M<sub>NaOH</sub> = molaridad de la solución de hidróxido de sodio determinada diariamente frente a un patrón primario.

m = masa de la muestra analizada expresada en gramos

10 = factor de conversión a porcentaje

## 2.5 Perfil de ácidos grasos de los aceites

### Extracción de aceite de las partes del morete

Se secaron las diferentes partes del morete a 80 °C por 24 h, luego se molieron en un mortero de porcelana y se extrajo el aceite en un Soxhlet.

Se pesaron 5 g de la muestra en el cartucho de celulosa, se colocaron 200 mL de hexano en el balón y se llevó a ebullición durante 6 horas. Al final, el disolvente se recuperó por evaporación a 50 °C en un equipo de evaporador rotativo marca Selecta hasta obtener aceite libre de solvente. Los aceites extraídos de las diferentes partes del fruto fueron filtrados y almacenados en botellas de color ámbar hasta su análisis.

## Esterificación de los ácidos grasos de los diferentes aceites de morete

En tubos de ensayo con rosca de 15 mL se colocaron entre 0,020 y 0,025 g del aceite extraído de cada muestra, se agregaron 2 mL de KOH 0,5 M preparado en metanol, se cerraron los tubos y se llevaron a baño *María* con agua a ebullición por 10 min. Luego, se enfriaron los tubos al ambiente y se agregó 1 mL de HCl en metanol (1:4 v/v), se volvió a tapar y se llevaron a baño *María* a 50 °C por 25 min. Se volvieron a enfriar los tubos y se agregaron 3 mL de agua destilada con 10 mL de hexano en cada tubo, se agitó y se dejó en reposo por 24 h. Finalmente, se recolectaron los ésteres metílicos de ácidos grasos de la capa superior de los tubos, y se colocaron en frascos de color ámbar (Carrillo y col., 2018).

## Análisis cromatográfico

Los ácidos grasos esterificados fueron caracterizados mediante un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7980A, acoplado a un espectrómetro de masas MSD 5977. Las separaciones de los ésteres fueron realizadas en columna capilar HP-88 (30 m × 0,25 mm i.d., espesor de película de 0,25 μm) de Agilent Technologies. Como gas portador se utilizó helio a 0,7 mL/min<sup>-1</sup>, las temperaturas del inyector, interfaz GC-MS y fuente MSD fueron 250, 300 y 230 °C respectivamente. Se empleó el siguiente programa de temperaturas del horno: (a) temperatura inicial de 80 °C, (b) rampa 10 °C/min hasta 120 °C, (c) rampa 20 °C/min hasta 140 °C, (d) rampa 2 °C/min hasta 200 °C, se mantuvo durante 10 min y finalmente (e) rampa 5 °C/min hasta 240 °C y se mantuvo durante 4 min. El detector de masas funcionó en modo de exploración completa, siendo el intervalo m/z de 50 a 500. Se inyectaron 0,2 μL de las muestras de ésteres empleando el modo de inyección sin división (splitless). Se empleó un material de referencia formado por 37 metil ésteres de ácidos grasos de Supelco (Component Fame Mix) para comprobar su identificación y cuantificación.

La cuantificación se realizó por medio de la integración de las áreas de los picos resultantes del análisis cromatográfico y se expresaron como el valor medio del ácido graso ± desviación estándar de tres inyecciones de cada aceite.

## 2.6 Estabilidad oxidativa del aceite de morete

La estabilidad oxidativa se evaluó para el aceite obtenido del mejor tratamiento, para ello se utilizó un reactor Oxitest de Velp Scientifica, (Usmate, Milan, Italy), siguiendo el método descrito por Caruso y col. (2017). Se pesaron 6 g de aceite en cada uno de los platos de titanio del equipo y se colocaron en cada cámara de oxidación. Se seleccionaron las siguientes temperaturas de oxidación: 80, 90 y 100 °C y se empleó oxígeno grado 5 con una presión de 6 bares de ingreso al reactor Oxitest. El instrumento incluye el software OXISoft™ con el que calcula el Periodo de Inducción (IP) en horas y minutos para cada temperatura seleccionada del experimento, el cálculo se realiza de forma automática mediante un método gráfico. Los valores de IP son expresados como tiempo de estabilidad a la oxidación, y corresponde a la caída de la presión debido a la oxidación de la muestra.

Con el valor de IP y la temperatura de la cual proviene, se construyó un gráfico en el cual se representa el Ln(IP) en el eje de las ordenadas y la Temperatura de oxidación en las abscisas en grados centígrados; posteriormente se estima la ecuación de la recta (Ecuación 3) empleando el método de mínimos cuadrados. Finalmente, con esta ecuación se extrapoló la temperatura deseada para estimar el valor de IP. Para este estudio se empleó 21 °C, que es la temperatura promedio de la ciudad de El Puyo de Ecuador, lugar donde se produce el morete y se almacenará el aceite extraído.

$$y = mx + b \quad (3)$$

Donde:

y: logaritmo natural del Periodo de Inducción, Ln(IP) en horas.

x: temperatura de oxidación: 80, 90 y 100 °C.

m: pendiente de la recta de regresión.

b: intercepto de la recta de regresión.

## 2.7 Análisis estadístico

Con los resultados obtenidos de las características fisicoquímicas del fruto del morete, rendimiento de extracción de aceite, índice de acidez y perfil de

ácidos grasos se elaboraron tablas con sus respectivas medias y desviaciones estándar. Se empleó el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI para realizar el análisis estadístico utilizando ANOVA y las diferencias significativas se calcularon con la prueba de Tukey para un 95% de confianza.

### 3 Resultados y Discusión

#### 3.1 Características fisicoquímicas del fruto

En la Figura 2 se indica el fruto de morete típico empleado para este estudio y el aceite obtenido. La Tabla 2 muestra los resultados de la caracterización del fruto de morete, y se encontró que posee dimensiones consistentes con las reportadas por Mendieta-Aguilar, Pacheco y Rolán (2015).

Adicionalmente, se obtuvo que el morete seleccionado posee en promedio 56,23% de humedad comparable lo reportado por Sandri y col. (2017) y

Darnet y col. (2011) 59,11 y 50,5%, respectivamente.

El fruto está formado por pulpa, semilla y cáscara, y en esta investigación se empleó la pulpa y pulpa con cáscara para los tratamientos indicados en la Tabla 1. Se encontró que la masa del fruto corresponde a una quinta parte de pulpa, una quinta parte de cáscara y tres quintas parte de la semilla.

El mayor porcentaje de grasa calculado en función a 100 g de la parte del fruto considerada se encontró en la pulpa y en la pulpa con cáscara (Tabla 2) y fueron superiores al 19,0% reportado por Darnet y col. (2011), por lo tanto, estas partes del fruto fueron consideradas para la extracción de aceite.

Las diferencias en el contenido de grasa con las obtenidas en este estudio se deben a que la composición de las frutas se encuentra influenciada por la altitud, la temperatura, la lluvia y el suelo, debido a que controlan la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Nascimento-Silva, Silva y Silva, 2020).



Figura 2. Fruto del morete y aceite de morete obtenido en este estudio

Tabla 2. Caracterización del fruto de morete.

	Largo, cm	Diámetro, cm	Peso, g
Fruto de morete (n=20)	5,47 ± 0,15	4,59 ± 0,18	51,83 ± 0,31
Mendieta-Aguilar, Pacheco y Rolán (2015)	5-7	4-5	-
Parte del fruto	Porcentaje en el fruto	Contenido de grasa <sup>2</sup> (g)	
Pulpa <sup>1</sup>	20,19 ± 0,46	26,01 ± 0,84	
Cáscara <sup>1</sup>	19,43 ± 0,73	14,62 ± 0,20	
Semilla <sup>1</sup>	59,92 ± 0,31	4,15 ± 0,05	
Pulpa con cáscara <sup>1</sup>	39,62 ± 0,43	22,06 ± 0,64	
Darnet y col. (2011)	—	19,0	

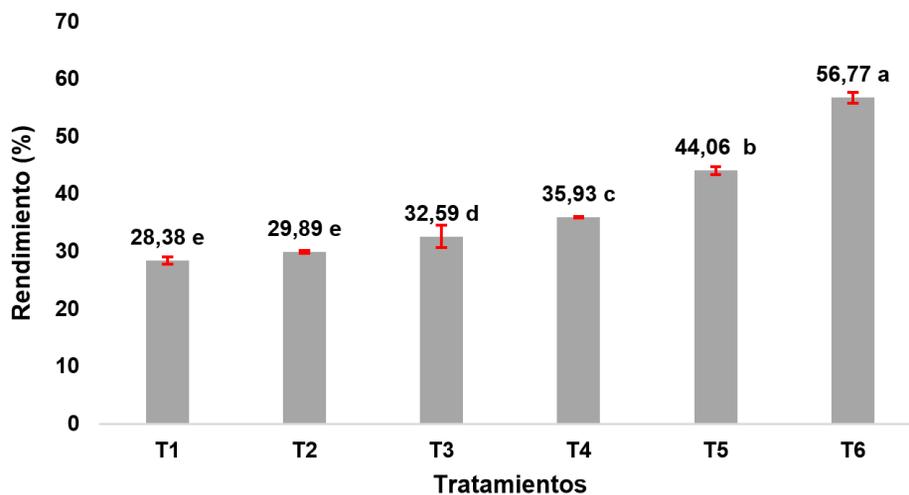
<sup>1</sup> Se indica el promedio y la incertidumbre como desviación estándar para n=3.

<sup>2</sup> Por 100 g de la parte del fruto.

### 3.2 Rendimiento y acidez del aceite de morete

Se consideró como mejor tratamiento aquel que permita el mayor rendimiento de extracción de aceite con mayor cantidad de ácido oleico. El análisis de varianza para el rendimiento de la extracción de aceite de morete indica que existe diferencias

significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos, obteniéndose para el experimento T6 el doble del rendimiento de extracción con relación al tratamiento T1 (14,76 g de aceite extraído con relación a 100 g de la pulpa de morete). En la Figura 3 se ilustra la evolución del rendimiento de la extracción del aceite de morete para cada una de los tratamientos.

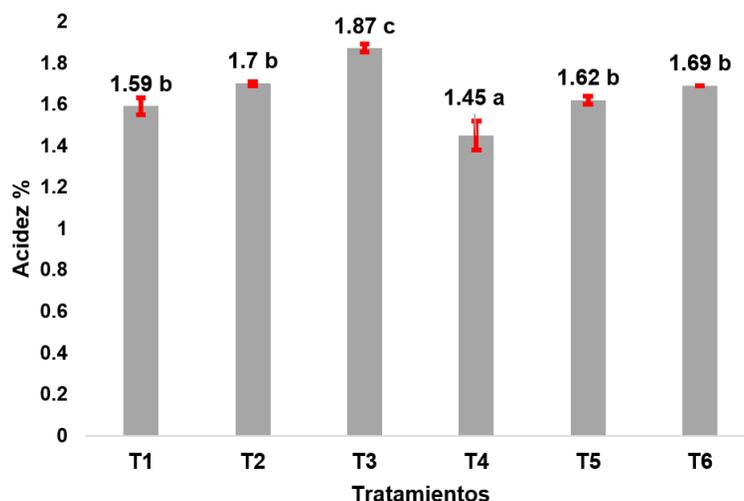


**Figura 3.** Evolución del rendimiento de extracción de aceite de los diferentes tratamientos. Letras diferentes en el gráfico indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

Se encontró que el porcentaje de extracción de aceite es directamente proporcional a la temperatura de calentamiento de la pulpa, además, disminuye cuando se utiliza la pulpa con cáscara en el pretratamiento antes del prensado. El suministro de calor previo a la extracción permite coagular las proteínas de las paredes de las células haciéndolas permeables al paso del aceite durante el prensado, y también disminuye la viscosidad del aceite, lo que facilita el proceso de extracción (Adrianzén, Rojas y Luján, 2011). Adicionalmente, puede inactivar las enzimas responsables del deterioro del aceite, como lo indica Onyebuchi (2013), quien señala que enzimas como la peroxidasa disminuye la actividad drásticamente a 80 °C en aceites de semillas. Por otro lado, se debe evaluar la estabilidad de los compuestos bioactivos para conocer el efecto del calor suministrado en cada uno de los tratamientos.

El proceso térmico en las diferentes partes del

fruto del morete afecta a la acidez presente en los aceites extraídos (Figura 4), siendo el de menor acidez cuando se emplea solo la pulpa de morete y la temperatura más baja de calentamiento (45 °C) antes de pasar al prensado para la extracción del aceite, en cambio la acidez es más alta cuando se emplean temperaturas más elevadas o cuando se emplea pulpa con cáscara en la extracción. Sin embargo, el porcentaje de acidez de los aceites obtenidos de los diferentes tratamientos se hallan en el intervalo del aceite de oliva virgen, Norma 29:2012 (INEN, 2012), que señala que deben tener entre 0,8 a 2% de acidez, y son porcentajes más bajos a los reportados por Vásquez y col. (2010), quienes indican un valor de 2,69% de acidez en el aceite de morete de Perú. Reboredo-Rodríguez y col. (2016) mencionan que las bajas temperaturas reducen la velocidad de oxidación del aceite y la extracción en frío presenta menos acidez.



**Figura 4.** Porcentaje de acidez de los aceites extraídos de los diferentes tratamientos  
Letras diferentes en el gráfico indica diferencia significativa ( $P < 0,05$ )

### 3.3 Perfil de ácidos grasos del aceite de morete de los tratamientos

Se identificaron diez ácidos grasos en los perfiles lipídicos de los aceites, excepto en el experimento T1, donde se encontró adicionalmente el ácido láurico, un ácido graso saturado con un contenido de 1,35%. En otro estudio, Cruz y col. (2020) reportó 0,03% de ácido láurico en el aceite de morete de Brasil.

Para todos los tratamientos se encontró alto contenido de ácido oleico (omega 9) cercanos a 80% y no se encontraron diferencias significativas entre los experimentos. Además, se identificó ácido linoleico (omega 6) desde 1,39% a 1,73% y ácido  $\alpha$ -linolénico (omega 3) desde 0,70% a 1,17%, estos resultados son comparables a los reportados por Vásquez y col. (2010) en morete cultivado en Perú, reportando valores de 75,6% de ácido oleico, 2,19% ácido linoleico y 0,82% de  $\alpha$ -linolénico.

El ácido oleico del aceite de morete tiene valores comparables a los que posee el aceite de oliva producido en la región de Extremadura, España, donde Martínez y col. (2014) reportan valores entre 68,82 y 79,30%. Además, resultaron superiores a los obtenidos a partir de olivas cultivadas en Turquía y Argentina reportados por Ghanbari, Sivri y Ozkaya

(2019) y Rondanini y col. (2011) cuyo contenido estuvo entre 68,64 y 70,56% y 51,8% a 71,9% de ácido oleico, respectivamente. Se encontraron otros ácidos grasos minoritarios con menos de 0,3%: ácido mirístico, ácido pentadecanoico, ácido palmitoleico, ácido margaroleico, ácido araquídico, y ácido gadoleico, seguido por el ácido esteárico desde 0,75% hasta 1,51%.

Finalmente, de los ácidos grasos saturados, el ácido palmítico resultó ser más abundante (16,55% en T5), sin embargo, es menor al citado por Cruz y col. (2020); Restrepo, Arias y Madriñán (2016) y Vásquez y col. (2010). En la Tabla 3 se resume de forma comparativa el perfil de ácidos grasos de los aceites extraídos del morete para cada uno de los diferentes tratamientos frente a los resultados de otros autores.

El mejor tratamiento seleccionado fue el que permitió un máximo rendimiento de aceite con la mayor cantidad de ácido oleico. Debido a que en todos los tratamientos el contenido de ácido oleico estuvo cercano a 80% sin diferencias significativas con  $\alpha = 0,05$  se consideró el mejor resultado el obtenido con T6 puesto que se tiene mayor rendimiento de extracción.

**Tabla 3.** Perfil de ácidos grasos del aceite de moretes extraídos en los diferentes tratamientos y aceites de Colombia, Perú y Brasil.

Ácido graso	Número lipídico	T1* (Pulpa con cáscara a 45 °C)	T2* (Pulpa con cáscara a 65 °C)	T3* (Pulpa con cáscara a 85 °C)	T4* (Pulpa a 45 °C)	T5* (Pulpa a 65 °C)	T6* (Pulpa a 85 °C)	Aceite de Colombia (Restrepo, Arias y Madrián, 2016)	Aceite de Perú (Vásquez y col., 2010)	Aceite de Brasil (Cruz y col., 2020)
Ácido láurico	C12:0	1,35 ± 0,09	-	-	-	-	-	-	-	0,03
Ácido mirístico	C14:0	0,07 ± 0,01 <sup>b</sup>	-	0,04 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,02 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,03 ± 0,01 <sup>ab</sup>	0,02 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,06 ± 0,01	-	0,12
Ácido pentadecanoico	C15:0	0,05 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,07 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>ab</sup>	0,08 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>ab</sup>	0,03 ± 0,01 <sup>a</sup>	-	-	0,07
Ácido palmítico	C16:0	15,08 ± 0,39 <sup>a</sup>	16,05 ± 0,26 <sup>b</sup>	16,55 ± 0,33 <sup>b</sup>	16,05 ± 0,38 <sup>b</sup>	15,93 ± 0,22 <sup>b</sup>	15,96 ± 0,24 <sup>b</sup>	21,27 ± 0,80	19,61 ± 0,41	22,18
Ácido palmítico	C16:1	0,06 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,04 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,07 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,12 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,16 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,29 ± 0,06	0,15 ± 0,01	0,15
Ácido margaroleico	C17:0	0,05 ± 0,01 <sup>ab</sup>	0,04 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,03 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>ab</sup>	0,07 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>ab</sup>	-	-	0,12
Ácido esteárico	C18:0	0,79 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,75 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,82 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,82 ± 0,03 <sup>a</sup>	1,27 ± 0,03 <sup>b</sup>	1,51 ± 0,25 <sup>b</sup>	4,19 ± 0,04	1,57 ± 0,02	2,51
Ácido oleico	C18:1 n-9	79,47 ± 0,39 <sup>a</sup>	80,09 ± 0,47 <sup>a</sup>	79,91 ± 0,40 <sup>a</sup>	79,83 ± 0,37 <sup>a</sup>	79,85 ± 0,35 <sup>a</sup>	79,80 ± 0,64 <sup>a</sup>	68,69 ± 1,60	75,6 ± 0,31	72,23
Ácido linoleico	C18:2 n-6	1,73 ± 0,07 <sup>a</sup>	1,69 ± 0,14 <sup>ab</sup>	1,61 ± 0,10 <sup>ab</sup>	1,65 ± 0,07 <sup>ab</sup>	1,62 ± 0,10 <sup>ab</sup>	1,39 ± 0,12 <sup>b</sup>	2,05 ± 0,08	2,19 ± 0,25	0,51
Ácido α-Linolénico	C18:3 n-3	1,12 ± 0,16 <sup>a</sup>	0,98 ± 0,10 <sup>ab</sup>	0,70 ± 0,03 <sup>b</sup>	1,17 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,78 ± 0,05 <sup>b</sup>	0,78 ± 0,17 <sup>b</sup>	0,87 ± 0,03	0,82 ± 0,06	1,15
Ácido araquídico	C20:0	0,06 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,03 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,04 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,04 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>ab</sup>	0,05 ± 0,02 <sup>ab</sup>	-	-	0,16
Ácido gadoleico	C20:1 n-9	0,16 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,10 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,30 ± 0,07 <sup>a</sup>	-	-	0,58
Ácidos grasos saturados		17,46 ± 0,55	16,94 ± 0,24	17,53 ± 0,32	17,05 ± 0,39	17,39 ± 0,24	17,62 ± 0,42	25,52	21,18	25,19
Ácidos grasos monosaturados		79,68 ± 0,40	80,38 ± 0,42	80,15 ± 0,36	80,13 ± 0,38	80,21 ± 0,38	80,20 ± 0,64	68,98	75,75	72,96
Ácidos grasos poliinsaturados		2,85 ± 0,15	2,67 ± 0,18	2,31 ± 0,07	2,82 ± 0,05	2,40 ± 0,15	2,17 ± 0,29	2,92	3,01	1,66

\*Se indica el promedio y la incertidumbre como desviación estándar para n=3. Letras diferentes en filas indica diferencia significativa (P<0,05)

El valor nutricional con respecto a los ácidos grasos insaturados del tratamiento T6 resultó: 79,80% de Omega 9; 1,39% de Omega 6 y 0,78% de Omega 3. Por otro lado, el contenido de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados fue 17,62%, 80,20% y 2,17%, respectivamente.

Pereira y col. (2016) mencionan que los aceites ricos en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados se han relacionado con la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares, asociando esta reducción al efecto antiinflamatorio de los

ácidos grasos. Freitas y col. (2017) indican que el ácido oleico es considerado fundamental por sus propiedades beneficiosas en la reducción de la oxidación del colesterol LDL; además, es un precursor en la producción de la mayoría de otros ácidos grasos poliinsaturados y de hormonas.

En la Figura 5 se indica el diagrama propuesto para la extracción del aceite de morete con el tratamiento T6 mediante prensado artesanal con previo tratamiento térmico de la pulpa del morete.



Figura 5. Diagrama propuesto para la extracción del aceite de morete.

### 3.4 Estabilidad oxidativa del aceite de morete

En este estudio no se evaluó la influencia del tratamiento térmico sobre la potencial pérdida de compuestos bioactivos del aceite extraído, sin embargo, se observó que la variación de la acidez del aceite en todos los tratamientos se mantuvo por debajo de lo que establece la Norma 29:2012 (INEN, 2012).

El aceite obtenido del mejor tratamiento fue sometido a condiciones aceleradas de oxidación empleando un equipo Oxitest. Para cada una de las temperaturas seleccionadas en la cámara de oxidación del equipo se determinó el valor de IP (Tabla 4) expresado en horas y minutos. Con los valores encontrados en la Tabla 4, el valor de IP, (Ln IP) se transforma de minutos a horas y luego se transforma a logaritmo natural; posteriormente se estima la

ecuación de la recta Ecuación 3 tal como fue descrito en el apartado 2.6. Se graficó el Ln IP frente a la temperatura de la cámara de oxidación y se halló la Ecuación 3 mediante regresión lineal, obteniéndose la expresión  $y = -0,09425x + 11,22917$ .

Tabla 4. Valores del Periodo de Inducción IP (horas) a diferentes temperaturas.

Temperatura (°C) en la cámara de oxidación del Oxitest	IP (horas) en aceite de morete del mejor tratamiento
80	37,58 ± 0,27
90	17,55 ± 0,23
100	5,77 ± 0,11

Se indica el promedio y la incertidumbre como desviación estándar para  $n = 3$

Se extrapoló la recta Ecuación 3, para lo cual se sustituyó 21 °C como valor de  $x$  que representa la

temperatura promedio de la ciudad de El Puyo, luego se despejó el valor de IP y se hizo el correspondiente cambio de unidades a meses y se consiguió que el T6 tendría una estabilidad oxidativa de 14,45 meses cuando se almacenara a 21 °C. Landeo (2019) empleó el índice de peróxido para estimar el tiempo de estabilidad del aceite de morete cultivado en Perú y reportó 7,5 meses a 18 °C de almacenamiento; este tiempo de vida útil es menor al determinado en el presente estudio.

El aceite de morete posee altos contenidos de ácido oleico, con valores cercanos al aceite de oliva, que podría tener una vida útil comparable al aceite de oliva. Irigaray y col. (2016) indican que el aceite de oliva extra virgen de Uruguay tiene una vida útil de 12 a 18 meses de almacenamiento en botellas a temperatura ambiente. Martínez-Robinson y col. (2019) señalan que la estabilidad a la oxidación de los aceites proporciona una buena estimación de la susceptibilidad a la autooxidación que conducen a su enranciamiento y al deterioro de su calidad.

## 4 Conclusiones

En las muestras estudiadas se encontró que el contenido de grasas en todos los tratamientos fue superior en la pulpa, seguido de la corteza y la semilla. Se estableció que el mejor proceso de extracción de aceite de morete fue empleando la pulpa por prensado previo tratamiento a 85 °C por 10 minutos. El aceite de morete obtenido en las mejores condiciones utilizadas en este trabajo resultó ser una fuente de ácido oleico, con una vida útil comparable a la reportada para aceite de oliva extra virgen.

Se empleó el equipo Oxitest para evaluar en condiciones aceleradas la estabilidad oxidativa del aceite extraído del morete de forma rápida y segura. Se consiguió una ecuación que permite estimar el Período de Inducción y, en consecuencia, el tiempo de vida útil del aceite de morete a cualquier temperatura de almacenamiento.

La tecnología de extracción propuesta permitió obtener 2,98 kg de aceite por cada 100 kg de morete, así, los productores de este fruto podrían avanzar hacia la industrialización y ofrecer un nuevo tipo de aceite alto en ácido oleico.

## Agradecimiento

Este trabajo fue financiado por la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Técnica de Ambato y el proyecto Canje de Deuda Ecuador-España con resolución de aprobación HCU 0939-CU-P-2016, ejecutado en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

## Referencias

- AOAC (2002). *Official Methods of Analysis 17th Edition*. Inf. téc. AOAC International.
- Adrianzén, N., C. Rojas y G. Luján (2011). «Efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico de las almendras trituradas de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) sobre el rendimiento y las características físico-químicas del aceite obtenido por prensado mecánico en frío». En: *Agroindustrial Science* 1.2, 46-55. Online: <https://bit.ly/3mxLksa>.
- Amri, Z. y col. (2017). «Oil characterization and lipids class composition of pomegranate seeds». En: *BioMed research international* 2017, Online: <https://bit.ly/3BkYWxh>.
- Aquino, J. y col. (2012). «Refining of buriti oil (*Mauritia flexuosa*) originated from the Brazilian Cerrado: physicochemical, thermal-oxidative and nutritional implications». En: *Journal of the Brazilian Chemical Society* 23, 212-219. Online: <https://bit.ly/3BBsN4N>.
- Bataglion, G. y col. (2015). «Integrative approach using GC-MS and easy ambient sonic-spray ionization mass spectrometry (EASI-MS) for comprehensive lipid characterization of Buriti (*Mauritia flexuosa*) oil». En: *Journal of the Brazilian Chemical Society* 26, 171-177. Online: <https://bit.ly/3aoJjVj>.
- Cândido, T. y M. Silva (2017). «Comparison of the physicochemical profiles of buriti from the Brazilian Cerrado and the Amazon region». En: *Food Science and Technology* 37.suppl 1, 78-82. Online: <https://bit.ly/2WS6Fnn>.
- Carrillo, W. y col. (2018). «Fatty acids content in unguurahua oil (*oenocarpus bataua*) from ecuador. findings on adulteration of unguurahua oil in ecuador». En: *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research* 11.2, 391-394. Online: <https://bit.ly/3oWIC3F>.

- Caruso, M. y col. (2017). «Evaluation of the oxidative stability of bakery products by OXITEST method and sensory analysis». En: *European Food Research and Technology* 243.7, 1183-1191. Online: <https://bit.ly/2WSTXVB>.
- Corbu, A., A. Rotaru y V. Nour (2020). «Edible vegetable oils enriched with carotenoids extracted from by-products of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*): The investigation of some characteristic properties, oxidative stability and the effect on thermal behaviour». En: *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 142.2, 735-747. Online: <https://bit.ly/3uT97GN>.
- Cruz, M. y col. (2020). «Buriti (*Mauritia Flexuosa* L.) pulp oil as an immunomodulator against enteropathogenic *Escherichia coli*». En: *Industrial Crops and Products* 149. October 2019, 112330. Online: <https://bit.ly/306tgxU>.
- Darnet, S. y col. (2011). «Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus batata*) fruit pulp from the Amazon region». En: *Food Science and Technology* 31, 488-491. Online: <https://bit.ly/2ZX80KK>.
- Forero-Doria, O. y col. (2016). «Relationship between oxidative stability and antioxidant activity of oil extracted from the peel of *Mauritia flexuosa* fruits». En: *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 123.3, 2173-2178. Online: <https://bit.ly/3AmoTLz>.
- Freitas, M. y col. (2017). «Quality characteristics and thermal behavior of buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil». En: *Grasas y aceites* 68.4, 1-9. Online: <https://bit.ly/3j1ZQaH>.
- Ghanbari, E., D. Sivri y M. Ozkaya (2019). «Characterization Of Turkish Extra Virgin Olive Oils According To The Their Fatty Acid Profile». En: *Food Science and Technology* 13.4, 28-35. Online: <https://bit.ly/3mHb6dQ>.
- INEN (2012). *Norma Técnica Ecuatoriana. NTE INEN 29:2012 Aceite de Oliva. Requisitos*. Inf. téc. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Irigaray, B. y col. (2016). «Shelf Life of Monovarietal Extra Virgin Olive Oils Cv. Arbequina and Coratina from Uruguay». En: *Journal of Food Research* 5.5, 88-94. Online: <https://bit.ly/3uSh6UJ>.
- Kumar, A., A. Sharma y K. Upadhyaya (2016). «Vegetable oil: nutritional and industrial perspective». En: *Current genomics* 17.3, 230-240. Online: <https://bit.ly/3DreaS6>.
- Landeo, E. (2019). «Vida útil del aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) mediante pruebas aceleradas». Tesis de maestría. Universidad Nacional del Callao.
- Martínez-Robinson, K. y col. (2019). «Caracterización de los residuos sólidos de la extracción del aceite de oliva de Caborca, Sonora, México». En: *Biotecnia* 21.3, 48-55. Online: <https://bit.ly/3FwynYv>.
- Martínez, M. y col. (2014). «Fatty acid profiles of virgin olive oils from the five olive-growing zones of Extremadura (Spain)». En: *Journal of the American Oil Chemists' Society* 91.11, 1921-1929. Online: <https://bit.ly/3ApJyhV>.
- Mendieta-Aguilar, G., L. Pacheco y A. Rolán (2015). «Seed dispersal of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) by terrestrial frugivores in Laguna Azul, Beni, Bolivia». En: *Acta Amazonica* 45.1, 45-56. Online: <https://bit.ly/3AtXas9>.
- Milanez, J. y col. (2016). «Pre-harvest studies of buriti (*Mauritia flexuosa* LF), a Brazilian native fruit, for the characterization of ideal harvest point and ripening stages». En: *Scientia Horticulturae* 202, 77-82. Online: <https://bit.ly/3iM4mdc>.
- Montúfar, R. y G. Brokamp (2011). «Palmeras aceiteras del Ecuador: estado del arte en la investigación de nuevos recursos oleaginosos provenientes del bosque tropical». En: *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas* 32.1-2, 93-118. Online: <https://bit.ly/3lpgB1b>.
- Moreno, A. y M. López (2017). *Elaboración de aceites de oliva vírgenes*. Paraninfo S.A.
- Nascimento-Silva, N., F. Silva y M. Silva (2020). «Physicochemical composition and antioxidants of buriti (*Mauritia flexuosa* Linn. F.)—pulp and sweet». En: *Journal of bioenergy and food science* 7.1, 1-12. Online: <https://bit.ly/3ApatKs>.
- Nde, D. y A. Foncha (2020). «Optimization methods for the extraction of vegetable oils: a review». En: *Processes* 8.2, 209. Online: <https://bit.ly/308LXRA>.
- Onyebuchi, S. (2013). «Kinetic analysis of the thermostability of peroxidase from African oil bean (*Pentaclethra macrophylla* Benth) seeds». En: *Journal of Biochemical Technology* 4.1, 459-463. Online: <https://bit.ly/3amZO8w>.
- Pereira, J. y col. (2016). «Phytochemistry profile, nutritional properties and pharmacological activities of *Mauritia flexuosa*». En: *Journal of Food*

- Science* 81.11, R2611-R2622. Online: <https://bit.ly/3093ngV>.
- Quispe, F. y col. (2009). «Caracterización de aceites, tortas y harinas de frutos de Ungurahui (*Jessenia polycarpa*) y Aguaje (*Mauritia flexuosa* L.) de la Amazonía Peruana». En: *Revista de la Sociedad Química del Perú* 75.2, 243-253. Online: <https://bit.ly/2YBOgfw>.
- Reboredo-Rodríguez, P. y col. (2016). «Characterization of virgin olive oils produced with autochthonous Galician varieties». En: *Food chemistry* 212, 162-171. Online: <https://bit.ly/3mFMy4V>.
- Restrepo, J., N. Arias y C. Madriñán (2016). «Determinación del valor nutricional, perfil de ácidos grasos y capacidad antioxidante de la pulpa de aguaje (*mauritiaflexuosa*)». En: *Revista de Ciencias* 20.1, 71-78. Online: <https://bit.ly/3p49o8X>.
- Riciputi, Y. y M. Caboni (2017). «Assessing oil oxidative stability in Tarallini by OXITEST®». En: *Italian Journal of Food Science* 29.1, 63-73. Online: <https://bit.ly/3oLwXU0>.
- Rodríguez, G. y col. (2015). «Oxidative stability and estimate of the shelf life of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil». En: *Scientia Agropecuaria* 6.3, 155-163. Online: <https://bit.ly/3iKXi0p>.
- Rondanini, D. y col. (2011). «Fatty acid profiles of varietal virgin olive oils (*Olea europaea* L.) from mature orchards in warm arid valleys of Northwestern Argentina (La Rioja)». En: *Grasas y aceites* 62.4, 399-409. Online: <https://bit.ly/3mAGmeq>.
- Rudke, A. y col. (2019). «Optimization of green PLE method applied for the recovery of antioxidant compounds from buriti (*Mauritia flexuosa* L.) shell». En: *Food chemistry* 298.March, 125061. Online: <https://bit.ly/3aBkvhr>.
- Sandri, D. y col. (2017). «Antioxidant activity and physicochemical characteristics of buriti pulp (*Mauritia flexuosa*) collected in the city of Diamantino-MTS». En: *Revista Brasileira de fruticultura* 39.3, 1-7. Online: <https://bit.ly/3lkLrId>.
- Tambunan, A. y col. (2012). «Yield and physicochemical properties of mechanically extracted crude *Jatropha curcas* L oil». En: *Biomass and Bioenergy* 43, 12-17. Online: <https://bit.ly/3alDufz>.
- Tinello, F. y col. (2018). «Comparison of OXITEST and RANCIMAT methods to evaluate the oxidative stability in frying oils». En: *European Food Research and Technology* 244.4, 747-755. Online: <https://bit.ly/3BrYj52>.
- Trujillo-Gonzalez, J., M. Torres y E. Santana-Castañeda (2011). «La palma de Moriche (*Mauritia flexuosa* Lf;) un ecosistema estratégico». En: *Orinoquia* 15.1, 62-70. Online: <https://bit.ly/2YwCgvk>.
- Vásquez, P. y col. (2010). «Chemical characterization and oxidative stability of the oils from three morphotypes of *Mauritia flexuosa* Lf, from the Peruvian Amazon». En: *Grasas y Aceites* 61.4, 390-397. Online: <https://bit.ly/3amMlxy>.



# IMPACTO ECOTOXICOLÓGICO DE TRES PLAGUICIDAS SOBRE *Eisenia fetida* (LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA) EN EL CULTIVO DE *Allium cepa* (CEBOLLA) EN EL DISTRITO DE LURÍN, LIMA, PERÚ

ECOTOXICOLOGICAL IMPACT OF THREE PESTICIDES ON *Eisenia fetida*  
(CALIFORNIAN RED WORM) ON *Allium cepa* (ONION) CROP IN THE DISTRICT  
OF LURÍN, LIMA, PERU

Diego Fernando Elias Estremadoyro<sup>1</sup>  y José Iannacone\*<sup>1,2</sup> 

<sup>1</sup>Laboratorio de Ingeniería Ambiental, Carrera de Ingeniería Ambiental. COEPERU - Coastal Ecosystems of Peru Research Group. Universidad Científica del Sur, Villa EL Salvador, 15067, Perú.

<sup>2</sup>Grupo de Investigación Sostenibilidad Ambiental (GISA), Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA). Escuela Universitaria de Posgrado, Universidad Nacional Federico Villarreal, El Agustino, 15007, Lima, Perú.

\*Autor para correspondencia: [joseiannacone@gmail.com](mailto:joseiannacone@gmail.com)

Manuscrito recibido el 22 de abril de 2020. Aceptado, tras revisión, el 22 de junio de 2021. Publicado el 1 de marzo de 2022.

## Resumen

La investigación evaluó el impacto de tres plaguicidas sobre *Eisenia fetida* en el cultivo de *Allium cepa* (cebolla) en el distrito de Lurín, Lima, Perú. Se calcularon los valores de dosis letal media ( $DL_{50}$ ) a los 14 días, porcentaje de evasión y actividad alimentaria, y posteriormente la proporción de exposición del tóxico (TER) y el coeficiente de riesgo ambiental (CR) para los plaguicidas zeta-cipermetrina, pendimetalina y profenofos en base a ensayos ecotoxicológicos con *E. fetida*. Los valores de  $DL_{50}$  a un tiempo de exposición a los 14 días para los tres plaguicidas fueron: zeta-cipermetrina > profenofos > pendimetalina. Se calculó una relación con la dosis de los plaguicidas cercanos a la  $DL_{50}$  para la evasión y para la actividad alimentaria. El valor TER para los tres plaguicidas fue calculado e indicó que no hay impacto ecotoxicológico para *E. fetida*. Sin embargo, en el valor de CR se presentaron valores de riesgo alto en el total, donde la zeta-cipermetrina indicó el 92,77% del riesgo ambiental, mientras que la pendimetalina presentó el menor riesgo ambiental con 0,09%. Dentro de la legislación peruana, estos plaguicidas siguen siendo permitidos, por lo cual, en base a esta investigación, se recomienda que se evalúe a más detalle la zeta-cipermetrina, debido a que fue el único plaguicida que presentó un CR significativo. En conclusión, la zeta-cipermetrina ocasiona impacto ambiental en el cultivo de cebolla del distrito de Lurín.

**Palabras clave:** Riesgo ambiental, *Eisenia fetida*,  $DL_{50}$ , TER, CR, Zeta-cipermetrina.

### Abstract

The research evaluated the impact of three pesticides on *Eisenia fetida* in the cultivation of *Allium cepa* (onion) in the district of Lurín, Lima, Peru. The mean lethal dose values ( $LD_{50}$ ) at 14 days, evasion percentage and food activity were evaluated as well as the exposure ratio of the toxic (TER) and the environmental risk coefficient (RQ) on pesticides zeta-cypermethrin, pendimethalin and profenofos based on ecotoxicological tests with *E. fetida*. The  $LD_{50}$  values at an exposure time at 14 d for the three pesticides were: zeta-cypermethrin>profenofos>pendimethalin. A relationship with the dose of pesticides close to the  $LD_{50}$  was calculated for the evasion and for food activity. TER value for the three pesticides was calculated which indicated no ecotoxicological impact for *E. fetida*. However, in the CR value, there were high risk values in the total, where zeta-cypermethrin indicated 92.77% of the environmental risk, while pendimethalin presented the lowest environmental risk with 0.09%. Within Peruvian legislation, these pesticides are still allowed to be used; hence, based on this research, it is suggested that zeta-cypermethrin be evaluated in more detail, because it was the only pesticide that presented a significant CR. In conclusion, zeta-cypermethrin causes an environmental impact on the onion crop in Lurín.

**Keywords:** Environmental risk, *Eisenia fetida*,  $DL_{50}$ , TER, RQ, Zeta-cipermetrin.

---

Forma sugerida de citar: Elias Estremadoyro, D. e Iannacone, J. (2022). Impacto ecotoxicológico de tres plaguicidas sobre *Eisenia fetida* (lombriz roja californiana) en el cultivo de *Allium cepa* (cebolla) en el distrito de Lurín, Lima, Perú. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 35(1):112-123. <http://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.09>.

---

IDs Orcid:

Diego Fernando Elias Estremadoyro: <http://orcid.org/0000-0002-2730-3920>

José Iannacone: <http://orcid.org/0000-0003-3699-4732>

## 1 Introducción

Al igual que la amenaza hacia los alimentos y otros productos agrícolas, existe el interés para el control de los insectos y otros vectores transmisibles de enfermedades (Ferrer, 2003). La FAO (2003), indica que “los plaguicidas son cualquier elemento o mezcla de las mismas destinadas a evitar, suprimir o manejar cualquier plaga, incluyendo a los vectores de afecciones al ser humano o a la fauna”. En el Perú, hasta el año 2017 se reportó al Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), el movimiento de 428 ingredientes activos (Cruz, 2017). La Resolución Directoral N° 0020-2013-AG-SENASA-DIAIA, presenta un listado aún vigente de los plaguicidas registrados, cancelados y prohibidos en el país, dentro de los cuales se incluyen los que se estudian en este trabajo.

La familia de los piretroides se usa desde la década de los 70 para las actividades agrícolas y entre ellas se encuentra a la zeta-cipermetrina, y empleada para las actividades agrícolas (Lao y col., 2012). La pendimetalina es un herbicida de la familia de las dinitroanilinas que se utiliza en la pre-siembra, pre-emergencia de la hierba y en la post-emergencia temprana de los cultivos (Ponz, 2010). El profenofos es un plaguicida perteneciente al grupo de los fosforados con modo de operación al contacto (Reddy y Rao, 2008). La especie *Eisenia fetida* (conocida como lombriz roja californiana) es uno de los organismos que cumple un rol beneficioso para el suelo. Giménez, Della Penna y Odello (2004) resaltan la utilidad de *E. fetida* en la integración y putrefacción de la materia orgánica, el reciclaje de las nutrientes y la conservación del suelo, siendo un indicador beneficioso para evaluar la contaminación del suelo (Wen y col., 2020).

El distrito de Lurín, Lima, Perú, presenta suelos muy fértiles que aportan alimentos a los mercados de Lima Metropolitana. Moreno y Huerse (2010), destacan que la cebolla, desde el punto de vista de su valor económico bruto, aporta a la cuenca, la hace un cultivo importante y debe ser considerada al ser evaluada de forma fitosanitaria. Para determinar el impacto de los tres plaguicidas es importante vincular las respuestas de *E. fetida*, empleando parámetros de toxicidad relevantes como la actividad biológica y de comportamiento. Los bioensayos emplean organismos guía, pero aclimatizados en labo-

ratorio, y estos abarcan un avistamiento inicial para la evaluación del impacto de plaguicidas (Piola, 2011; Tian y col., 2018; Sotelo-Vásquez y Iannacone, 2019; Aparecida-Giordani y col., 2020).

Por tal motivo, el objetivo de la investigación es evaluar el impacto de los tres plaguicidas más usados en el cultivo de *A. cepa*, por lo que se realizó ensayos ecotoxicológicos para hallar  $DL_{50}$  (Dosis letal media), CR (coeficiente de riesgo) y TER (exposición individual del toxico) empleado a *E. fetida*.

## 2 Materiales y Métodos

### 2.1 *Eisenia fetida*

Las lombrices de tierra en estado adulto (*E. fetida*) fueron obtenidas de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y trasladadas al Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA) de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Lima, Perú. La adaptación se realizó dentro de un contenedor de 15 L, a una temperatura de  $19 \pm 2^\circ\text{C}$  y un periodo de 16 h de luz y 8 h de oscuridad. Para las pruebas con las lombrices se consideró un rango de peso entre 200-600 mg (Organización for Economic Co-operation and Development, 1984).

### 2.2 Suelo Artificial

El suelo artificial se preparó según la norma Organización for Economic Co-operation and Development (2004), con algunas modificaciones descritas en Romero y Cantú (2008). Los componentes del suelo artificial fueron: 70% de arena fina, 20% de arcilla y 10% de musgo. Al inicio de los ensayos se ajustó el contenido de humedad al 50% con el método de Avalos-Ruiz y Iannacone (2020).

### 2.3 Plaguicidas

Los plaguicidas usados fueron la zeta-cipermetrina de la marca Furia de un formulado de  $180 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  con las concentraciones de  $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $240 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y  $480 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; el profenofos de la marca Selecrom de un formulado de  $500 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  con las concentraciones de  $625 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $1250 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $2500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $5000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y  $10000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y la pendimetalina de la marca Arrow de

un formulado de  $400 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  con las concentraciones de  $2666,67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $5333,33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $10\,667,67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $21\,333,33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y  $42\,667,67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

## 2.4 Pruebas Ecotoxicológicas

### 2.4.1 Mortalidad y Otros Parámetros

Todos los ensayos se realizaron con cuatro repeticiones y se ajustaron al 50% de humedad para las pruebas. Para validar la prueba, se consideró como principio que la mortalidad del control no superara el 10%. Para este ensayo se usó el protocolo de Avalos-Ruiz y Iannacone (2020), que consistió en medir los indicadores físicos y químicos como la temperatura, la humedad, el pH y la materia orgánica, así como la mortalidad para la determinación de la  $DL_{50}$  a los 14 días de exposición, y el promedio de pesos al inicio y al final de la prueba a los 14 días (Hulbert y col., 2020; Avalos-Ruiz y Iannacone, 2020). Todas las lombrices que no se encontraron en el instante fueron registradas como fallecidas, por lo que se decidió medir su progeñe (huevos y crías juveniles) presentes en el suelo artificial, pero no se evidenció ninguno de ellos en los tratamientos de los tres pesticidas.

### 2.4.2 Evasión

Esta prueba usó el protocolo de García-Santos y Keller-Forrer (2011). Se emplearon recipientes rectangulares transparentes y desechables tipo tapa flexo de 1000 mL, donde se colocó por un lado el suelo tratado y por otro el control. Luego, las lombrices adultas se colocaron en la línea divisora de ambos suelos y se permitió que ingresaran hacia los mismos (McGuirk, Theron y Maboeta, 2020). Al cabo de tres días, se reinsertaron los tabiques y se contaron la cantidad de lombrices en cada lado. Las dosis para zeta-cipermetrina de un formulado de  $180 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  fueron  $15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y  $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; para el profenofos de un formulado de  $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  fueron  $312,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y  $625 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; para la pendimetalina de un formulado fue de  $400 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  con las dosis de  $1\,333,33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y  $2\,666,67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Para determinar la evasión se usó la ecuación 1 de De Silva y Van Gestel (2009).

$$NR(E) = \frac{C - T}{N} \times 100 \quad (1)$$

Donde  $NR$  representa a la evasión (porcentaje),  $C$  representa al total de *E. fetida* en el suelo control,  $T$  representa al total de *E. fetida* en el suelo impactado, y  $N$  representa al total de *E. fetida* al iniciar el ensayo (Alves y col., 2013).

### 2.4.3 Actividad Alimentaria (AA)

Para evaluar la actividad alimentaria se utilizaron láminas acrílicas de 100 mm de largo, 10 mm de ancho y 0,1 cm de grosor. Estas láminas presentaron 16 agujeros de 0,1 cm de diámetro y se llenaron con una sustancia cebo usando una combinación compuesta por el carbohidrato celulosa (69%), salvado de trigo (30%) y carbón activo (1%) (Van Gestel y Weeks, 2004). El ensayo se realizó durante tres días, luego se quitaron las láminas, y se contaron el número de agujeros sin cebo en las hojas de cada tratamiento. La AA se determinó en base a la proporción media de agujeros completa o parcialmente vacías por cada concentración (Piola, 2011).

## 2.5 Tratamiento Estadístico de Datos

Las  $DL_{50s}$ ,  $DL_{50}$ -inferior y  $DL_{50}$ -superior se determinaron con la calculadora de Excel-Probit-2016 (Raj Mekapogu, 2016). Se usó el programa estadístico SPSS, ver. 25.0, para definir la homocesticidad de las varianzas y la normalidad de los datos y a su vez el tipo de pruebas como ANOVA o Pruebas No Paramétricas, dependiendo del caso, a un nivel de significancia de 0,05. Para las pruebas de evasión y actividad alimentaria se realizó una prueba Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ).

## 2.6 Evaluación del Impacto Ambiental (EIA)

Para determinar la evaluación de impacto ambiental (EIA), se identificaron parámetros para hallar las potenciales amenazas a *E. fetida* y al agroecosistema. Se utilizaron dos enfoques de evaluación de impacto ambiental, el primero se basó en un cálculo de la TER para *E. fetida*, mientras que el segundo se basó en el CR para cada muestra local (Pivato y col., 2017; Wee y Aris, 2017; Avalos-Ruiz y Iannacone, 2020).

### 2.6.1 Exposición

Se realizó analizándose la data recolectada de la literatura. La dosis ambiental controlada (MECs) del

residuo del plaguicida en el suelo de agricultura se usó para representar los PECs (Dosis ambiental prevista en el suelo) (Vašíčková y col., 2019).

### 2.6.2 Impacto

El impacto ambiental fue evaluado con los datos hallados del  $DL_{50}$  y PNEC (dosis sin efecto ecológico). El valor PNEC se encontró usando un factor de 1 000 para ensayos de periodos cortos. Para los plaguicidas con un Kow mayor a 2, el valor de su  $DL_{50}$  fue dividido por 2 como es propuesto en (European Commission, 2019) en base a la ecuación 2.

$$PNEC = \frac{DL_{50}}{1000} \quad (2)$$

### 2.6.3 Riesgo

Inicialmente se halló el riesgo ambiental de cada uno de los tres plaguicidas usando el criterio basado en los valores TER. Según la Comisión Europea mencionada por Hartnik, Sverdrup y Jensen (2008), si es menor a 10 el valor del TER es significativo, por lo que no debería tener autorización para ser usado como plaguicida. El valor del TER agudo se halló con la ecuación 3.

$$TER_{especies} = \frac{DL_{50}/PNEC_{especies}}{MEC_{\max \text{ o promedio}}} \quad (3)$$

El CR se calculó usando la ecuación 4, y se clasificó en cuatro niveles: 1. Riesgo nulo ( $CR < 0,01$ ), 2. Riesgo bajo ( $0,01 \geq 0,1$ ) 3. Riesgo medio ( $0,1 \leq CR < 1$ ) y riesgo alto ( $CR \geq 1$ ) siguiendo Sánchez-Bayo, Baskaran y Kennedy (2002). La suma de los CR de los tres plaguicidas permitió determinar el riesgo ambiental total por la aplicación de zeta-cipermetrina, profenofos y pendimetalina, y finalmente se cuantificó la contribución de cada uno de los tres plaguicidas.

$$CR = \frac{MEC_{suelo}}{PNEC_{mss}} \quad (4)$$

## 3 Resultados

Se llegó a conocer la toxicidad aguda de la zeta-cipermetrina sobre *E. fetida* a los 14 d de exposición (Tabla 1). La  $DL_{50}$  a 14 d de exposición fue de  $48,26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Con respecto al promedio de pesos se evidenció un decrecimiento notable al aumentar la dosis. Se estableció la toxicidad aguda del profenofos

sobre *E. fetida* a los 14 d de exposición (Tabla 2). La  $DL_{50}$  a los 14 d de exposición fue de  $1250 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Con respecto al promedio de pesos, se evidenció una reducción notable.

Se encontró la toxicidad aguda de la pendimetalina sobre *E. fetida* a los 14 d de exposición (Tabla 3). La  $DL_{50}$  a los 14 d de exposición fue de  $3\,771,23 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Con respecto al promedio de pesos, se evidenció una reducción notable. La Tabla 4 expresa el porcentaje de evasión de los tres plaguicidas a valores de 60%, 40% y 80% en las dosis de  $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $625 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y  $2\,666,67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , respectivamente. El análisis del Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ), indica que se encontró una conexión entre la evasión y la presencia del plaguicida para ambas dosis de zeta-cipermetrina, profenofos y pendimetalina, exceptuando la dosis de  $312,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  de profenofos y  $1\,333,33$  de pendimetalina.

Los datos hallados en esta prueba (Tabla 5) muestran que el porcentaje de la actividad alimentaria de los plaguicidas a los 3 d de exposición presentan valores de 33,33%; 29,12% y 32,66% en las dosis de  $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $625 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y  $2\,666,67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , respectivamente. El análisis del Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) indica que si hay una conexión entre la actividad alimentaria y la presencia del plaguicida para la zeta-cipermetrina, el profenofos y la pendimetalina en las dosis ya mencionadas. Se obtuvieron los valores del TER (Tabla 6), que fueron 482,6; 12 500 y 377 123  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Por otro lado, los CR de cada plaguicida fueron 1,04; 0,08 y 0,001. Se demuestra que el CR t es mayor a 1, valorándolo como un impacto ambiental alto. La contribución de la zeta-cipermetrina fue de 92,77%, seguido del profenofos con un 7,14% y la pendimetalina con 0,09%.

## 4 Discusión

### 4.1 Ecotoxicidad aguda y otros parámetros importantes

En el estudio con *E. fetida* se observaron efectos en la mortalidad y disminución en el peso para zeta-cipermetrina ( $DL_{50} = 48,26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Resultados similares se hallaron en la base de datos de plaguicidas de República Checa (PPDB, 2019) donde figura un valor de  $DL_{50} = 37,50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Junquera (2011) menciona que la cipermetrina también es conocida como la zeta-cipermetrina, lo que permite

que se contraste con otros estudios como, por ejemplo, el de Hartnik, Sverdrup y Jensen (2008) quienes obtuvieron un valor en alfa-cipermetrina de 762  $mg \cdot kg^{-1}$ . Zhou y col. (2008) y Zhou y col. (2011) presentaron valores de 84,14  $mg \cdot kg^{-1}$  y 86,04  $mg \cdot kg^{-1}$ , respectivamente.

**Tabla 1.** Mortalidad y promedio de pesos de *Eisenia fetida* expuesta a la zeta-cipermetrina a los 14 d de exposición.

<i>Eisenia fetida</i>			
Dosis ( $mg \cdot kg^{-1}$ )	Efecto ecotoxicológico agudo en zeta-cipermetrina (% M) 14 d ( $\pm$ DE)	Promedio de Pesos (g)	
		0 d ( $\pm$ DE)	14 d ( $\pm$ DE)
Control	0,00 ( $\pm$ 0,00)a	2,89 ( $\pm$ 0,06)a	3,18 ( $\pm$ 0,05)a
30	20,00 ( $\pm$ 0,71)b	2,55 ( $\pm$ 0,07)b	1,72 ( $\pm$ 0,15)b
60	65,00 ( $\pm$ 1,25)c	2,42 ( $\pm$ 0,06)b	1,10 ( $\pm$ 0,17)c
120	100,00 ( $\pm$ 0,00)d	2,51 ( $\pm$ 0,07)b	0,00 ( $\pm$ 0,00)d
240	100,00 ( $\pm$ 0,00)d	2,40 ( $\pm$ 0,04)b	0,00 ( $\pm$ 0,00)d
480	100,00 ( $\pm$ 0,00)d	2,31 ( $\pm$ 0,04)b	0,00 ( $\pm$ 0,00)d
DL <sub>50</sub>	48,26	N.C	N.C
DL <sub>50</sub> -inferior	35,70	N.C	N.C
DL <sub>50</sub> -superior	65,24	N.C	N.C
PNEC	0,04826	N.C	N.C
KW	22,78	14,6	22,34
Sig	0,00	0,01	0,00
Prueba de Levene	6,4	0,41	8,07
Sig	0,00	0,84	0,00
SW	0,76	0,94	0,79
Sig	0,00	0,14	0,00

% M: % mortalidad. DE: Desviación Estándar. N.C : No Corresponde DL<sub>50</sub>: Dosis letal media. DL<sub>50</sub>-inferior: DL<sub>50</sub> (Límite inferior). DL<sub>50</sub>-superior: DL<sub>50</sub> (Límite superior). PNEC: Dosis sin efecto ecológico. KW: Estadístico de Kruskal-Wallis. Prueba de Levene: Estadístico para evaluar la homocedasticidad de varianzas. SW: Estadístico de Shapiro-Wilks: prueba para evaluar la normalidad. Letras minúsculas iguales en una misma columna señalan que la mortalidad (%) es estadísticamente similar según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

La materia orgánica (MO) tiene la característica de acumular zeta-cipermetrina, y las lombrices de tierra la hacen más disponible a través de su cutícula o durante la alimentación (Styrishave y col., 2010). En base a esto, la cantidad de materia orgánica en el sustrato del estudio se encontró inicialmente con 5,42%, por lo cual no existiría mucha absorción del contaminante. Este hecho también ocurre en el estudio de Hartnik, Sverdrup y Jensen (2008), ya que su suelo contó con 2,2% de materia orgánica, donde el compuesto pudo estar disponible en sus partículas minerales y/o en el agua, y, por ende, habría mayor riesgo de presencia del plaguicida hacia las lombrices. Los plaguicidas pueden ser retenidos por la materia orgánica del suelo y se sostiene que pueden ser degradados por organismos que se encuentran en la materia orgánica del suelo, lo que dependerá no solo de las propiedades de los plaguicidas, sino también de la naturaleza y concentración de la materia orgánica (Araneda

y col., 2016).

Otra de las variables que determinan la presencia de la zeta-cipermetrina son la solubilidad en el agua y el coeficiente de reparto octanol/agua (Kow). Ambas variables se correlacionan en forma significativa con la movilidad de los insecticidas en el suelo (Somasundaram y col., 1991). Zeta-cipermetrina tiene un log Kow de 5,5; lo que indica que es relativamente lipofílico, y por ello su potencial de infiltración es de bajo alcance en suelos agrícolas por su baja solubilidad en agua y adsorción al suelo (Sakata y col., 1986). Esto se evidenció en el trabajo de Hulbert y col. (2020), donde se encontró un mayor número de *E. fetida* vivas en la parte superficial en comparación a una mayor profundidad.

Según Wang y col. (2012), la reducida toxicidad de alfa-cipermetrina ocurre por su proceso metabólico acelerado, debido a que puede metabolizarse

previo a alcanzar al sistema nervioso central. Hubo una clara evasión a medida que esta dosis incrementa, así como en la actividad alimentaria. Esta conducta se manifiesta por la presencia de quimiorreceptores que posee *E. fetida* sobre su superficie corporal (Zhou y col., 2007). Por otro lado, el profenofos obtuvo una mortalidad de  $DL_{50}$  de 1 250

$mg \cdot kg^{-1}$  y una reducción de peso al pasar los 14 días de la prueba. Otras investigaciones como la de Bart y col. (2018) presentan valores como  $127 mg \cdot kg^{-1}$ . Harnpicharnchai, Chaiear y Charentan-yarak (2013) reportan que el valor promedio de profenofos en el suelo es de  $0,041 mg \cdot kg^{-1}$  en verano, mientras que en invierno es de  $0,016 mg \cdot kg^{-1}$ .

**Tabla 2.** Mortalidad y promedio de pesos de *Eisenia fetida* expuesta al profenofos a los 14 d de exposición.

<i>Eisenia fetida</i>			
Dosis ( $mg \cdot kg^{-1}$ )	Efecto ecotoxicológico agudo en profenofos (% M) 14 d ( $\pm$ DE)	Promedio de Pesos (g)	
		0 d ( $\pm$ DE)	14 d ( $\pm$ DE)
Control	0,00 ( $\pm$ 0,00)a	2,89 ( $\pm$ 0,06)a	3,18 ( $\pm$ 0,05)a
625	25,00 ( $\pm$ 1,56)b	2,22 ( $\pm$ 0,09)b	1,61 ( $\pm$ 0,39)ab
1250	50,00 ( $\pm$ 1,83)c	2,23 ( $\pm$ 0,04)b	1,17 ( $\pm$ 0,47)b
2500	100,00 ( $\pm$ 0,00)d	2,19 ( $\pm$ 0,08)b	0,00 ( $\pm$ 0,00)c
5000	100,00 ( $\pm$ 0,00)d	2,27 ( $\pm$ 0,08)b	0,00 ( $\pm$ 0,00)c
10000	100,00 ( $\pm$ 0,00)d	2,13 ( $\pm$ 0,05)b	0,00 ( $\pm$ 0,00)c
$DL_{50}$	1250	N.C	N.C
$DL_{50}$ -inferior	810,30	N.C	N.C
$DL_{50}$ -superior	1928,30	N.C	N.C
PNEC	0,8103	N.C	N.C
KW	21,94	11,39	22,03
Sig	0,00	0,04	0,00
Prueba de Levene	10,69	0,54	6,65
Sig	0,00	0,75	0,00
SW	0,73	0,84	0,76
Sig	0,00	0,14	0,00

% M: % mortalidad. DE: Desviación Estándar. N.C : No Corresponde  $DL_{50}$ : Dosis letal media.  $DL_{50}$ -inferior:  $DL_{50}$  (Límite inferior).  $DL_{50}$ -superior:  $DL_{50}$  (Límite superior).

PNEC: Dosis sin efecto ecológico. KW: Estadístico de Kruskal–Wallis. Prueba de Levene: Estadístico para evaluar la homocasticidad de varianzas.

SW: Estadístico de Shapiro–Wilks: prueba para evaluar la normalidad.

Letras minúsculas iguales en una misma columna señalan que la mortalidad (%) es estadísticamente similar según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Con respecto a la evasión del suelo con profenofos, se evidenció que solo existió una relación con la dosis de  $625 mg \cdot kg^{-1}$ . Chakra y Rao (2008) mencionan que puede deberse a que las lombrices de tierra se ven afectadas por los plaguicidas a través del contacto con la piel o al alimentarse de residuos contaminados en el suelo. Principalmente, estos tóxicos pasan mediante la piel y llegan al fluido celómico y así son transportados por el cuerpo.

La materia orgánica es fundamental para la alimentación de las lombrices. En el estudio de Gómez y col. (1999), se investigó la influencia del profenofos en células de *Azospirillum brasilense*, encontrando que se redujo significativamente la fijación del

nitrogeno al suelo, lo cual estaría relacionado con la cantidad de materia orgánica disponible directamente, lo cual afectaría la actividad alimentaria como se evidenció a  $625 mg \cdot kg^{-1}$ , donde la actividad alimentaria estuvo relacionada con la dosis. Con la pendimetalina se evidenció una disminución del peso con respecto al incremento de las concentraciones del plaguicida y un  $DL_{50}$  de  $3\,771,23 mg \cdot kg^{-1}$ . En la misma base de datos (PPDB, 2019) se encontró un valor de  $DL_{50} > 1000 mg \cdot kg^{-1}$ . En el estudio de Mosqueda, Adjesiwor y Kniss (2019) se menciona que el rango permitido para lombrices es  $3\,545,96 mg \cdot kg^{-1}$  del plaguicida Prowl  $H_2O$ , hallándose cercano al valor obtenido en este estudio, al igual que en el de Traoré y col. (2018) con un valor de  $3\,555,96$

mg · kg<sup>-1</sup>.

Con respecto a la evasión y actividad alimentaria, estas estarían relacionadas con su disponibilidad, ya que podría estar degradándose con el incremento de la temperatura y la disminución de humedad, y por lo tanto estarían menos disponibles. Estos son similares al estudio de Zimdahl, Catizone

y Butcher (1984) donde la degradación de la pendimetalina fue mayor a 30°C, disminuyendo al igual que la humedad del suelo, como sucedería en la prueba ecotoxicológica donde la temperatura promedio osciló entre 20,6-20,7°C y la humedad disminuyó de 75% a 25%, estando más disponible en el suelo y afectando a *E. fetida*.

**Tabla 3.** Mortalidad y promedio de pesos de *Eisenia fetida* expuesta a la pendimetalina a los 14 d de exposición.

<i>Eisenia fetida</i>			
Dosis (mg · kg <sup>-1</sup> )	Efecto ecotoxicológico agudo en pendimetalina (% M) 14 d (± DE)	Promedio de Pesos (g)	
		0 d ± DE)	14 d (± DE)
Control	0,00 (± 0,00)a	2,89 (± 0,06)a	3,18 (± 0,05)a
2 666,67	42,50 (± 0,85)b	2,17 (± 0,09)b	1,25 (± 0,15)b
5 333,33	57,50 (± 1,10)c	2,15 (± 0,07)b	0,92 (± 0,22)b
10 666,67	100,00 (± 0,00)d	2,32 (± 0,12)b	0,00 (± 0,00)c
21 333,33	100,00 (± 0,00)d	2,22 (± 0,09)b	0,00 (± 0,00)c
42 666,67	100,00 (± 0,00)d	2,16 (± 0,06)b	0,00 (± 0,00)c
DL <sub>50</sub>	3771,23	N.C	N.C
DL <sub>50</sub> -inferior	1866,24	N.C	N.C
DL <sub>50</sub> -superior	7620,78	N.C	N.C
PNEC	3,77123	N.C	N.C
KW	22,19	10,66	22,21
Sig	0,00	0,06	0,00
Prueba de Levene	9,00	0,42	8,82
Sig	0,00	0,83	0,00
SW	0,78	mn1c 0,84	0,75
Sig	0,00	0,14	0,00

% M: % mortalidad. DE: Desviación Estándar. N.C : No Corresponde DL<sub>50</sub>: Dosis letal media. DL<sub>50</sub>-inferior: DL<sub>50</sub> (Límite inferior). DL<sub>50</sub>-superior: DL<sub>50</sub> (Límite superior).

PNEC: Dosis sin efecto ecológico. KW: Estadístico de Kruskal–Wallis. Prueba de Levene: Estadístico para evaluar la homocedasticidad de varianzas.

SW: Estadístico de Shapiro–Wilks: prueba para evaluar la normalidad.

Letras minúsculas iguales en una misma columna señalan que la mortalidad (%) es estadísticamente similar según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

## 4.2 Evaluación del Impacto Ambiental

Para la zeta-cipermetrina, el TER fue de 482,6 demostrando baja toxicidad con respecto a *E. fetida*. Considerando como referencia a la legislación de la Comunidad Europea, siendo numéricamente menor a 10, no representaría un impacto para el ambiente al no mostrar un riesgo para *E. fetida*. Hartnik, Sverdrup y Jensen (2008) determinaron un TER de 1 500 para la alfa-cipermetrina, mientras que con el CR se obtuvo un valor de 1,04, y se considera un riesgo ambiental alto, muy diferente al TER ya que el CR se utiliza en este estudio para señalar el organismo más sensible y permitir una evaluación de la toxicidad de la mezcla de los tres plaguicidas

que se usan en el cultivo de cebolla; sin embargo, el impacto ambiental en el suelo sobre la lombriz de tierra podría ser similar en otros cultivos donde se empleen zeta-cipermetrina, profenofos y pendimetalina.

Para el profenofos, el TER fue de 12 500 siendo mayor que la de zeta-cipermetrina. Vašíčková y col. (2019) definen al TER como una aproximación que caracteriza el riesgo de un compuesto independiente y ofrece una estimación general del impacto ambiental para cada especie en el suelo. El CR se aplica ya que su exposición es dividida dependiendo a su toxicidad, como es el caso de los pro-

fenofos con un riesgo bajo con un valor de 0,08. Los residuos de profenofos en el suelo plantean una serie de preocupaciones medioambientales, como los efectos adversos sobre los cultivos y la migra-

ción al agua subterránea (He, Fan y Liu, 2010; Bedi y col., 2015; Gonzales-Condori, Ramírez-Revilla y Villanueva-Salas, 2020).

**Tabla 4.** Efecto de evasión de la zeta-cipermetrina, el profenofos y la pendimetalina sobre *Eisenia fetida* expuesta a 3 d de exposición.

Plaguicidas	<i>Eisenia fetida</i>				
	Efecto de Evasión	Parámetros			
		Dosis (mg·kg <sup>-1</sup> )	Sin Toxico (%)	Con Toxico (%)	$\chi^2$
Zeta-Cipermetrina	15	45	55	4,27	0,04
	30	60	40	7,91	0,01
Profenofos	312,5	5	95	0,05	0,82
	625	60	40	7,91	0,01
Pendimetalina	1 333,33	40	60	3,33	0,07
	2 666,67	80	20	15,24	0,00

Estadístico  $\chi^2$ : Chi Cuadrado.

**Tabla 5.** Efecto de la actividad alimentaria de la zeta-cipermetrina, el profenofos y la pendimetalina sobre *Eisenia fetida* a 3 d de exposición.

Plaguicidas	<i>Eisenia fetida</i>			
	Efecto de Evasión	Parámetros		
		Dosis (mg·kg <sup>-1</sup> )	Actividad Alimentaria (%)	$\chi^2$
Zeta-Cipermetrina	15	54,19	0,76	0,39
	30	33,33	10,97	0,00
Profenofos	312,5	39,65	3,63	0,06
	625	29,12	16,28	0,00
Pendimetalina	1 333,33	49,28	0,05	0,83
	2 666,67	32,66	10,86	0,00

Estadístico  $\chi^2$ : Chi Cuadrado.

**Tabla 6.** Valores del impacto ambiental de zeta-cipermetrina, profenofos y pendimetalina sobre *Eisenia fetida*.

Parámetros	Zeta-Cipermetrina	Profenofos	Pendimetalina
MEC o PEC (mg·kg <sup>-1</sup> )	0,05 (BASF, 2014)	0,1 (Brink y col., 2003)	0,005 (Vašíčková y col., 2019)
(DL <sub>50</sub> )	48,26	1 250	3 771,23
PNEC (DL <sub>50</sub> )	0,04826	1,25	3,77123
TER (DL <sub>50</sub> )	482,6	12 500	377 123
CR (DL <sub>50</sub> )	1,04	0,08	1
Contribución (%)	92,77	7,14	0,09
CR t (DL <sub>50</sub> )		1121	

Dónde: MED: Dosis ambiental controlada del plaguicida. PEC: Dosis ambiental prevista del suelo. PNEC: Dosis sin efecto ecológico. TER: ratio de exposición de toxicidad. CR: coeficiente de riesgo ambiental. CR t: coeficiente de riesgo ambiental total de un lugar de los pesticidas del estudio. Contribución: % de contribución al riesgo ambiental por cada plaguicida.

Por último, la pendimetalina demostró tener los valores de TER y CR más lejos del rango de impacto ambiental en las diferentes clasificaciones, con valores de 377 123 y 0,001, arrojando valores de riesgo

nulos en ambos casos. Goto y Sudo (2018) sugieren que el contenido de lípidos simple de la pendimetalina y el trifluralin no es el único factor que afecta el potencial de bioacumulación, sino que las di-

ferencias en la composición de los lípidos podrían generar variabilidad en la bioconcentración en los organismos biológicos (Heijden y Jonker, 2011).

## 5 Conclusiones

Los datos hallados de la  $DL_{50}$ -14d evidencian que el nivel de ecotoxicidad en base a la mortalidad y a la disminución del peso de *E. fetida* por los plaguicidas más usados en el cultivo de cebolla en el distrito de Lurín, Lima, Perú, estuvo por debajo de las dosis recomendadas por los fabricantes para el control de plagas, a excepción de la zeta-cipermetrina. Las pruebas de evasión y de actividad alimentaria con *E. fetida* presentaron una relación con la dosis más cercana a sus  $DL_{50}$ . El valor TER para los tres zeta-cipermetrina, profenofos y pendimetalina fue calculado declarándose sin impacto ambiental a *E. fetida*. Sin embargo, en el valor del CR se presentaron valores de riesgo alto en el total, donde la zeta-cipermetrina contribuyó con el mayor valor, el profenofos mostró un riesgo bajo y la pendimetalina no mostró riesgo para el cultivo de la cebolla del distrito de Lurín. En el Perú, la RD N° 0020-2013-AG-SENASA-DIAIA muestra que estos tres plaguicidas siguen registrados y son permitidos su uso, por lo cual, en base a esta investigación, se recomienda que se evalué a más detalle el impacto sobre otros organismos del suelo; y a la zeta-cipermetrina en ensayos crónicos reproductivos sobre *E. fetida*, debido a que fue el único plaguicida que representó un riesgo ambiental.

## Referencias

Alves, P. y col. (2013). «Earthworm ecotoxicological assessments of pesticides used to treat seeds under tropical conditions». En: *Chemosphere* 90.11, 2674-2682. Online: <https://bit.ly/3fG52PH>.

Aparecida-Giordani, I. y col. (2020). «Toxicity of pesticides with fungicide and fungicide+ insecticide effects to *Eisenia andrei*». En: *Revista Ambiente & Água* 1515.3, e2493. Online: <https://bit.ly/34R9OaO>.

Arnada, A. y col. (2016). «Use of earthworms as a pesticide exposure indicator in soils under conventional and organic management». En: *Chilean journal of agricultural research* 76.3, 356-362. Online: <https://n9.cl/8nz1q>.

Avalos-Ruiz, S. y J. Iannacone (2020). «Evaluación del riesgo ambiental terrestre de dos gasolinas ecológicas de 90 octanos en la lombriz de tierra *Eisenia Fetida* (Savigny, 1826)». En: *Revista Campus* 25.30, 189-208. Online: <https://bit.ly/3sXdy4o>.

BASF (2014). *Registration Report: Alpha-cypermethrin, Central Zone: Germany*. Inf. téc. BASF. Online: <https://bit.ly/3EWkdyd>.

Bart, S. y col. (2018). «*Aporrectodea caliginosa*, a relevant earthworm species for a posteriori pesticide risk assessment: current knowledge and recommendations for culture and experimental design». En: *Environmental Science and Pollution Research* 25.34, 33867-33881. Online: <https://bit.ly/32YqxrG>.

Bedi, J. y col. (2015). «Pesticide residues in bovine milk in Punjab, India: spatial variation and risk assessment to human health». En: *Archives of environmental contamination and toxicology* 69.2, 230-240. Online: <https://bit.ly/3pVATBP>.

Brink, P. J. Van den y col. (2003). *Environmental and human risks of pesticide use in Thailand and Sri Lanka; results of a preliminary risk assessment*. Rep. de inv. Wageningen : Alterra (MAMAS report series no. 3/2003) - 89. Online: <https://bit.ly/2PhzumA>.

Chakra, R. y J. Rao (2008). «Biological response of earthworm, *Eisenia foetida* (Savigny) to an organophosphorous pesticide, profenofos». En: *Ecotoxicology and Environmental Safety* 71.2, 574-582. Online: <https://bit.ly/3qHTaSa>.

Cruz, A. (2017). «Situación actual del consumo de pesticidas en el Perú». Tesis de grado. Online: <https://bit.ly/33oFOT4>. Iniversidad Nacional Agraria La Molina.

De Silva, P. y C. Van Gestel (2009). «Comparative sensitivity of *Eisenia andrei* and *Perionyx excavatus* in earthworm avoidance tests using two soil types in the tropics». En: *Chemosphere* 77.11, 1609-1613. Online: <https://bit.ly/3FUSGyB>.

European Commission (2019). *Guidance Document on Terrestrial Ecotoxicology in the Context of the Directive 91/414/EEC*. Inf. téc. European Commission. Online: <https://bit.ly/3zosWII>.

FAO (2003). *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*. Food and Agriculture Organization.

Ferrer, A. (2003). «Anales del sistema sanitario de Navarra». En: vol. 26. Cap. Intoxicación por

- plaguicidas, 155-171. Online: <https://bit.ly/2PDEm4w>.
- García-Santos, G. y K. Keller-Forrer (2011). «Avoidance behaviour of *Eisenia fetida* to carbofuran, chlorpyrifos, mancozeb and metamidophos in natural soils from the highlands of Colombia». En: *Chemosphere* 84.5, 651-656. Online: <https://bit.ly/34fArFX>.
- Giménez, R., A. Della Penna y E. Odello (2004). «Efectos tóxicos de los insecticidas clorpirifos y teflutrina sobre la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris* L.)» En: *Agricultura Técnica* 64.4, 347-352. Online: <https://bit.ly/3JKhkEu>.
- Gómez, F. y col. (1999). «Influence of the insecticides profenofos and diazinon on the microbial activities of *Azospirillum brasilense*». En: *Chemosphere* 39.6, 945-957. Online: <https://bit.ly/3HDsCbp>.
- Gonzales-Condori, E., S. Ramírez-Revilla y J. Villanueva-Salas (2020). «Role of *Eisenia foetida* in the degradation of profenofos in presence of native bacterial communities». En: *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 19.Sup. 1, 45-57. Online: <https://bit.ly/3HBg1pq>.
- Goto, Y. y M. Sudo (2018). «Uptake and elimination kinetics of trifluralin and pendimethalin in *Pheretima* spp. and *Eisenia* spp.» En: *Environmental Science and Pollution Research* 25.13, 12352-12360. Online: <https://bit.ly/3pPgdLz>.
- Harnpicharnchai, K., N. Chaiear y L. Charentanyarak (2013). «Residues of organophosphate pesticides used in vegetable cultivation in ambient air, surface water and soil in Bueng Niam Sub-district, Khon Kaen, Thailand». En: *The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health* 44.6, 1088-97. <https://bit.ly/35kqym8>.
- Hartnik, T., L. Sverdrup y J. Jensen (2008). «Toxicity of the pesticide alpha-cypermethrin to four soil nontarget invertebrates and implications for risk assessment». En: *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal* 27.6, 1408-1415. Online: <https://bit.ly/3sRuGbU>.
- He, J., M. Fan y X. Liu (2010). «Environmental behavior of profenofos under paddy field conditions». En: *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 84.6, 771-774. Online: <https://bit.ly/3zpsBD>.
- Heijden, S. Van der y M. Jonker (2011). «Intra- and interspecies variation in bioconcentration potential of polychlorinated biphenyls: are all lipids equal?» En: *Environmental science & technology* 45.24, 10408-10414. Online: <https://bit.ly/3sUPfUT>.
- Hulbert, D. y col. (2020). «Leaching of insecticides used in blueberry production and their toxicity to red worm». En: *Chemosphere* 241, 125091. Online: <https://bit.ly/34fBohv>.
- Junquera, P. (2011). *Antiparasitarios externos (ectoparasiticidas) para el ganado bovino, ovino, caprino, porcino y aviar, perros y gatos*. PARASITIPEDIA.net.
- Lao, W. y col. (2012). «Pyrethroids in Southern California coastal sediments». En: *Environmental toxicology and chemistry* 31.7, 1649-1656. Online: <https://bit.ly/3pVcEnm>.
- McGuirk, B., P. Theron y M. Maboeta (2020). «The effects of different gold mine tailings on growth, reproduction and avoidance-behaviour of earthworms». En: *African Zoology* 55.1, 35-42. Online: <https://bit.ly/3zrqMYD>.
- Moreno, J. y R. Huerse (2010). *Diagnóstico Socioeconómico de la Cuenca del río Lurín. Proyecto: "Desarrollo Territorial y Generación de Empleo en la Cuenca del Río Lurín"*. Inf. téc. CGDD-CIED. Online: <https://bit.ly/34IVH7g>.
- Mosqueda, Elizabeth G, Albert T Adjesiwor y Andrew R Kniss (2019). «Relative toxicity of selected herbicides and household chemicals to earthworms». En: *bioRxiv*, 850222. Online: <https://bit.ly/3qNWNQb>.
- Organization for Economic Co-operation and Development (1984). *Guideline for testing of chemicals No 207. Earthworm, acute toxicity tests*. Inf. téc. OECD. Online: <https://bit.ly/3ESqg72>.
- (2004). *Guideline for the Testing of Chemicals. Test No. 222: Earthworm Reproduction Test (Eisenia fetida/andrei)*. Inf. téc. OECD. Online: <https://bit.ly/3pT95hp>.
- PPDB (2019). *PPDB - Pesticides Properties Data Base*. PPDB.
- Piola, L. (2011). «Ensayos ecotoxicológicos para la evaluación del impacto de plaguicidas en suelos agrícolas de Argentina». PhD Thesis. Online: <https://bit.ly/35junbl>. Universidad de Buenos Aires.
- Pivato, A. y col. (2017). «Ecological risk assessment of agricultural soils for the definition of soil screening values: A comparison between substance-based and matrix-based approaches». En: *Heliyon* 3.4, e00284. Online: <https://bit.ly/31uQ1N6>.

- Ponz, P. (2010). «Biorremediación de pendimetalina en ensayos de microcosmos controlados». En: CONAMA10 Congreso Nacional del Medio Ambiente. Online: <https://bit.ly/2rHQERi>.
- Raj Mekapogu, A. (jul. de 2016). *Calculating LD50/LC50 using Probit Analysis in EXCEL*. Probit Analysis.
- Reddy, N. y J. Rao (2008). «Biological response of earthworm, *Eisenia foetida* (Savigny) to an organophosphorous pesticide, profenofos». En: *Ecotoxicology and Environmental Safety* 71.2, 574-582. Online: <https://bit.ly/3qHTaSa>.
- Romero, P. y A. Cantú (2008). *Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo: la experiencia en México*. Instituto Nacional de Ecología.
- Sakata, S. y col. (1986). «Degradation and leaching behavior of the pyrethroid insecticide cypermethrin in soils». En: *Journal of Pesticide Science* 11.1, 71-79. Online: <https://bit.ly/34bJ0l6>.
- Sánchez-Bayo, F., S. Baskaran e I. Kennedy (2002). «Ecological relative risk (EcoRR): another approach for risk assessment of pesticides in agriculture». En: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 91.1-3, 37-57. Online: <https://bit.ly/3HuyIjQ>.
- Somasundaram, L. y col. (1991). «Mobility of pesticides and their hydrolysis metabolites in soil». En: *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal* 10.2, 185-194. Online: <https://bit.ly/3mVkJ17>.
- Sotelo-Vásquez, D. y J. Iannacone (2019). «Toxicidad aguda de tres plaguicidas (Butaclor, Oxiclo-ruro de cobre y Clorpirifos) sobre el anfípodo bentónico marino *Apoehyale grandicornis* (Kroyer, 1845)(Crustacea: Hyalidae)». En: *Biotempo* 16.2, 239-254. Online: <https://bit.ly/3FWRQkD>.
- Styrishave, B. y col. (2010). «Influence of soil type and organic matter content on the bio-availability, accumulation, and toxicity of  $\alpha$ -cypermethrin in the springtail *Folsomia candida*». En: *Environmental toxicology and chemistry* 29.5, 1084-1090. Online: <https://bit.ly/3znCiUO>.
- Tian, D. y col. (2018). «Novel two-tiered approach of ecological risk assessment for pesticide mixtures based on joint effects». En: *Chemosphere* 192, 362-371. Online: <https://bit.ly/3qPwCih>.
- Traoré, H. y col. (2018). «Clustering pesticides according to their molecular properties, fate, and effects by considering additional ecotoxicological parameters in the TyPol method». En: *Environmental Science and Pollution Research* 25.5, 4728-4738. Online: <https://bit.ly/3JKk0C2>.
- Van Gestel, C. y J. Weeks (2004). «Recommendations of the 3rd international workshop on earthworm ecotoxicology, Aarhus, Denmark, August 2001». En: *Ecotoxicology and environmental safety (Print)* 57.1, 100-105. Online: <https://bit.ly/32P5DLN>.
- Vašíčková, J. y col. (2019). «Ecological risk assessment of pesticide residues in arable soils of the Czech Republic». En: *Chemosphere* 216, 479-487. Online: <https://bit.ly/3ePSLY1>.
- Wang, Y. y col. (2012). «Comparative acute toxicity of twenty-four insecticides to earthworm». En: *Eisenia fetida. Ecotoxicology and Environmental Safety* 79, 122-128. Online: <https://bit.ly/3sVKxGI>.
- Wee, S. y A. Aris (2017). «Ecological risk estimation of organophosphorus pesticides in riverine ecosystems». En: *Chemosphere* x, 575-581. Online: <https://bit.ly/32LX9VK>.
- Wen, Y. y col. (2020). «Ecotoxicological effects of the pyrethroid insecticide tefluthrin to the earthworm *Eisenia fetida*: A chiral view». En: *Environmental Research* 190, 109991. Online: <https://bit.ly/3pTPfmf>.
- Zhou, S. y col. (2007). «Toxicity assessment for chlorpyrifos-contaminated soil with three different earthworm test methods». En: *Journal of Environmental Sciences* 19.x, 854-848. Online: <https://bit.ly/3eOz3fo>.
- Zhou, S. y col. (2008). «Assessing cypermethrin-contaminated soil with three different earthworm test methods». En: *Journal of Environmental Sciences* 20.11, 1381-1385. Online: <https://bit.ly/3HzvSoj>.
- Zhou, S. y col. (2011). «Individual and combined toxic effects of cypermethrin and chlorpyrifos on earthworm». En: *Journal of Environmental Sciences* 23.4, 6767-680. Online: <https://bit.ly/3HzBa37>.
- Zimdahl, R., P. Catizone y A. Butcher (1984). «Degradation of pendimethalin in soil». En: *Weed Science* 32.3, 408-41. Online: [https://doi.org/10.1016/0146-2716\(84\)90037-9](https://doi.org/10.1016/0146-2716(84)90037-9).



## ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES ENOLÓGICAS DE LA NARANJILLA CON FINES GASTRONÓMICOS EN PACTO-PICHINCHA

### STUDY OF THE OENOLOGICAL PROPERTIES OF NARANJILLA FOR GASTRONOMY USES, PACTO-PICHINCHA PROVINCE

Jhony Méndez\*<sup></sup>, Edison Molina<sup></sup>, Rodrigo Valdiviezo<sup></sup>, Catalina  
Armendariz<sup></sup> y Arnulfo Portilla<sup></sup>

Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Jerónimo Leiton y Av. La Gasca s/n. Ciudadela Universitaria.  
170521 Quito, Ecuador.

\*Autor para correspondencia: [jmendez@uce.edu.ec](mailto:jmendez@uce.edu.ec)

Manuscrito recibido el 02 de junio de 2020. Aceptado, tras revisión, el 05 de agosto de 2021. Publicado el 1 de marzo de 2022.

#### Resumen

El presente estudio buscó brindar una alternativa económica a los pobladores de la parroquia Pacto, como iniciativa a la producción, optimización en postcosecha e industrialización del área frutícola local, considerando además las potencialidades turísticas de la zona, donde el enoturismo representa una oportunidad. El objetivo planteado fue encontrar la viabilidad técnica para la elaboración de vino a partir de la naranjilla. El enfoque de investigación aplicado fue de carácter mixto, y se hizo una exhaustiva revisión bibliográfica sobre las técnicas de elaboración del vino. El ensayo evaluó la cantidad de azúcares en el mosto (18, 21 y 24 °Brix), adición de agua (4:1) (Ma) y mosto íntegro (Mo). Se determinó el rendimiento, el tiempo de fermentación, y las propiedades organolépticas del producto final (color, olor y sabor) mediante una escala hedónica de 5 puntos y características fisicoquímicas de vinos con mejor aceptación. Como inóculo se utilizó *Saccharomyces cerevisiae* comercial. El rendimiento promedio para Ma fue 70,6% p/p y Mo 45,0% p/p, y se observó fermentación hasta 288 horas. La adición de agua afectó negativamente al sabor; sin embargo, la valoración organoléptica general tuvo una ponderación entre 3 y 4 de 5 puntos. Los vinos con mejor aceptación fueron Mo24 y Ma21, apegados a requisitos de la Norma Técnica Ecuatoriana para vino de frutas, caracterizándose como semidulce. Es necesario trabajar en la mejora y la transferencia del proceso técnico establecido, especialmente para obtener mayores rendimientos, disminución de la acidez e incorporar nuevos estudios con frutas tropicales en beneficio del agro, gastronomía, turismo y desarrollo local.

**Palabras clave:** *Solanum quitoense* Lam, lulo, turismo, vino de fruta.

### Abstract

The present study sought to provide an economic alternative to the inhabitants of the Pacto parish, as an initiative for production, postharvest optimization and industrialization of the local fruit growing area, also considering the tourist potential of the area, where wine tourism represents an opportunity for the area. The aim was to find the technical viability for the elaboration of wine from naranjilla. The applied research approach was mixed, and an exhaustive literature review was made on the winemaking techniques. The test evaluated number of sugars in the must (18, 21 and 24 ° Brix), addition of water (4:1) (Ma) and whole must (Mo). Yield, fermentation time, organoleptic properties of the final product (color, smell and flavor) were determined using a 5-point hedonic scale and physicochemical characteristics of wines with better acceptance. Commercial *Saccharomyces cerevisiae* was used as inoculum. The average yield for Ma was 70.6% w/w and Mo 45.0% w/w, fermentation was observed up to 288 hours. The addition of water adversely affected the taste; however, the general organoleptic evaluation had a weighting between 3 and 4 out of 5 points. Wines with the best acceptance were Mo24 and Ma21, adhering to the requirements of the Ecuadorian Technical Standard for fruit wine, characterized as semi-sweet. It is necessary to work on the improvement and transfer of the established technical process, especially to obtain higher yields, decrease acidity and incorporate new studies with tropical fruits for the benefit of agriculture, gastronomy, tourism and local development.

**Keywords:** *Solanum quitoense* Lam, lulo, tourism, fruit wine.

---

Forma sugerida de citar: Méndez, J., Molina, E., Valdiviezo, R., Armendariz, C. y Portilla, A. (2022). Estudio de las propiedades enológicas de la naranjilla con fines gastronómicos en Pacto-Pichincha. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 35(1):124-136. <http://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.10>.

---

IDs Orcid:

Jhony Méndez: <http://orcid.org/0000-0003-3362-6889>

Edison Molina: <http://orcid.org/0000-0001-7702-5079>

Rodrigo Valdiviezo: <http://orcid.org/0000-0002-2665-9570>

Catalina Armendariz: <http://orcid.org/0000-0001-8235-7537>

Arnulfo Portilla: <http://orcid.org/0000-0001-8665-1848>

## 1 Introducción

La zona subtropical húmeda de Ecuador permite la biodiversidad de cultivos, especialmente de frutales nativos y aquellos que se han adaptado con mucha facilidad a la micro región del Chocó Andino de diversos lugares del mundo (Endara, 2017), como es el caso de la zona nororiental de la parroquia Pacto, que se destaca por ser un área de mayor biodiversidad frutícola y potencial agro productivo (GAD parroquial de Pacto, 2012). La diversa producción, altos rendimientos anuales y la falta de procesos de industrialización de frutas en esta zona, genera inestabilidad en la comercialización de estos productos, provocando pérdidas económicas para los agricultores y su fácil desvinculación de esta actividad, además de la migración hacia la ciudad.

Aprovechar las características nutricionales de las frutas naturales o procesadas, no solo mejora la calidad de la dieta, también son indispensables para mantener la salud (Swami y Divate, 2014) por ser fuente de vitaminas, minerales, carbohidratos y compuestos biológicos activos.

Diversos estudios demuestran que la fermentación de frutas y vegetales puede ser una técnica viable en la conversión a nuevos productos procesados, con características físico-químicas y organolépticas modificadas, pero de gran aceptación para el consumidor (Swami y Divate, 2014). El producto obtenido se denomina vino de fruta (Fracassetti y col., 2019), especificando la fruta de la que proviene el jugo utilizado para su producción (Matei, 2017).

Con excepción de la uva, las frutas que se han investigado para la elaboración de vino se señalan: manzanas, albaricoques, bayas, cerezas, ciruelas, fresas, naranjas, mangos, plátanos, piñas, peras, papayas, jugo de jaca, melones (Veeranjaneya y Reddy, 2009; Swami y Divate, 2014; Ogodo y col., 2015; Fracassetti y col., 2019), optimización de proceso para vino de morera (Wang y col., 2013) a partir de pulpa de cacao (Dias y col., 2007), guanábana (Ho y col., 2020), coco con miel de abeja (Balogu y Towobola, 2017) etc., además, en fermentaciones con mezclas entre frutas y con mosto de uva. Teniendo como resultado una variedad de bebidas alcohólicas que pueden clasificarse como vino natural (9 - 14 % de alcohol), vinos de postre y aperitivo

(15 - 21 % de alcohol) entre otras. Las variedades de vinos van a depender de la región y el clima por las frutas que se producen, los tipos de fermentación y aditivos incluidos para mejorar el sabor (Matei, 2017). Mejores características organolépticas y rendimientos de vinos, pueden llegar a establecerse estudiando diferentes cepas de microorganismos fermentadores (Veeranjaneya y Reddy, 2009; Ogodo y col., 2015; Baidya, Chakraborty y Saha, 2016; Fracassetti y col., 2019).

Entre la producción frutícola de Pacto destaca el cultivo de la naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) híbrido Puyo, variedad que ha sido la más cultivada a nivel nacional (60% del total) (Revelo y Sandoval, 2003) pero sus precios son bajos en el mercado y su utilización depende de la preferencia del consumidor, siendo el mayor consumo para las variedades denominadas "Común" (Guayasamín, 2015). De manera general, la fruta es apetecida por su sabor cítrico (Gancel y col., 2008; Loizzo y col., 2019), lo que permite diferentes usos gastronómicos, e interés nutricional por sus compuestos bioactivos como polifenoles, con capacidad antioxidante superior a Kiwi, melón o sandía, entre otras (Acosta, Pérez y Vaillant, 2009), especialmente en estado de madurez sobremaduro (Cerón, Higueta y Cardona, 2010). Actualmente, las investigaciones para la producción de vino a partir de la naranjilla son limitadas, encontrándose únicamente un estudio en línea realizado por (Granados y col., 2013) para un aperitivo vínico.

Por lo expuesto, este trabajo busca encontrar la viabilidad técnica para la elaboración de vino a partir de la naranjilla cultivada en la Parroquia Pacto, como iniciativa a la producción, optimización en postcosecha e industrialización del área frutícola local, considerando además las potencialidades turísticas de la zona, donde el enoturismo representa una oportunidad (Montaner Montejano, 1996) y (Tresserras, Serrano y Medina, 2011), pues la idea del turismo del vino conjuga la enología con la gastronomía, en el interés de motivar desplazamientos hacia lugares de cultura culinaria y enológica, donde estos aspectos sean de suma importancia al momento de decidir un viaje turístico.

Se evaluó el rendimiento del producto final obtenido con acondicionamiento del mosto a diferentes cantidades de azúcares fermentables y dilución con

agua, las características organolépticas (sabor, color, olor), y en los tratamientos con mejor aceptación se analizaron las propiedades fisicoquímicas establecidas por la Normativa Ecuatoriana vigente para vino de frutas.

## 2 Materiales y Métodos

### 2.1 Materia prima

Se obtuvieron 50 kilogramos (kg) de fruta de *S. quitoense* Lam., procedente de fincas de la parroquia Pacto, cantón Quito, provincia de Pichincha y se trasladaron al laboratorio de bromatología de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador. Se seleccionaron frutas sanas sin importar su tamaño, en estado de madurez 4 y 5 (color amarillo-naranja en la fruta = 75 y 100%, respectivamente) según (Andrade y col., 2015), posteriormente se realizó la limpieza y el lavado.

Para obtener el mosto, la fruta se trituró y la pulpa se separó mediante tamizado, dejando la corteza y las semillas como residuo, tal como se indica en la Figura 1.

### 2.2 Caracterización inicial del mosto

Se analizó pH, acidez titulable y sólidos totales disueltos o grados brix (°Bx). Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

### 2.3 pH

Se agregó 20 mL de mosto previamente filtrado y homogenizado en un vaso de precipitación de 25 mL y posteriormente se realizó la lectura de pH con un potenciómetro digital marca Horiba – Laqua, equipado con un electrodo de vidrio y calibrado previamente con soluciones estándar de 4,0; 7,0 y 10,0 de pH a 20 °C de temperatura.

### 2.4 Sólidos solubles totales

Con ayuda de un gotero, se agregaron 4 gotas de mosto en el lector óptico de un refractómetro digital marca Milwaukee (lectura de 0 a 85 °Bx) previamente encerado con agua destilada, y se procedió a leer los °Bx.

### 2.5 Acidez titulable

En un vaso de precipitación de 50 mL se pesó 5 mL de mosto, se agregó una cantidad similar de agua destilada y se colocó en un sistema de agitación magnética. Se realizó una titulación potenciométrica con una disolución de hidróxido de sodio (NaOH) de concentración normal igual a 0,0445, el volumen del titulante obtenido (bureta graduada ± 0,05 mL) se registró a una lectura de pH igual a 8,3 (potenciómetro digital marca Horiba – Laqua). El valor de acidez titulable se expresó en porcentaje de ácido cítrico.

### 2.6 Fermentación del mosto

Se colocó mosto de naranjilla (1 kg/frasco) en un total de 18 frascos de vidrio ámbar de 4 L de capacidad, provistos con dos mangueras plásticas delgadas para la evacuación de gas y toma de muestra. Luego, el mosto de 9 envases fue diluido con 250 mL de agua (Ma) (relación 4:1), mientras que el resto se mantuvo íntegro (Mo); adicionalmente, tanto los mostos Ma y Mo fueron ajustados con sacarosa hasta alcanzar una concentración final de 18, 21 y 24 °Bx. El cálculo se realizó mediante la siguiente ecuación y se verificó con el mismo procedimiento utilizado para determinar los sólidos solubles.

$$\text{Gramos de azúcar} = \frac{^{\circ}\text{Brix}_{\text{final}} - ^{\circ}\text{Brix}_{\text{inicial}} \times \text{Gramos de mosto}_{\text{inicial}}}{100 - ^{\circ}\text{Brix}_{\text{final}}}$$

Una vez que se establecieron las condiciones iniciales del mosto, se obtuvieron 6 tratamientos (Tabla 1) con tres repeticiones, obteniéndose un total de 18 unidades experimentales.

En cada unidad experimental (1 kg de mosto) se añadió 50 mg de metabisulfito de potasio, se agitó vigorosamente y se dejó reposar por 20 minutos. Posteriormente, se inoculó 1 g de levadura *Saccharomyces cerevisiae* comercial granulada seca (células vivas > 85%), misma que se activó durante 15 minutos en 10 mL de una disolución de sacarosa (1,7% p/p) a una temperatura de 38 °C conforme a la recomendación del fabricante; además, se agregó 20 mg de fosfato de amonio.

Todos los frascos fueron agitados, tapados y colocados en una estantería en forma aleatoria con la punta de una de las mangueras sobre un recipiente con agua y la otra sellada herméticamente. Se procedió a tapar el ensayo con plástico negro y se mantuvieron durante 480 horas (h) a temperatura ambiente.

**Tabla 1.** Tratamientos para la elaboración de vino a partir de mosto de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.).

Tratamientos	Combinaciones
1	Mo18
2	Mo21
3	Mo24
4	Ma18
5	Ma21
6	Ma24

Mo= mosto íntegro

Ma= mosto con agua en relación 4:1  
18, 21, 24= diferentes concentraciones de sólidos solubles (°Brix) del mosto

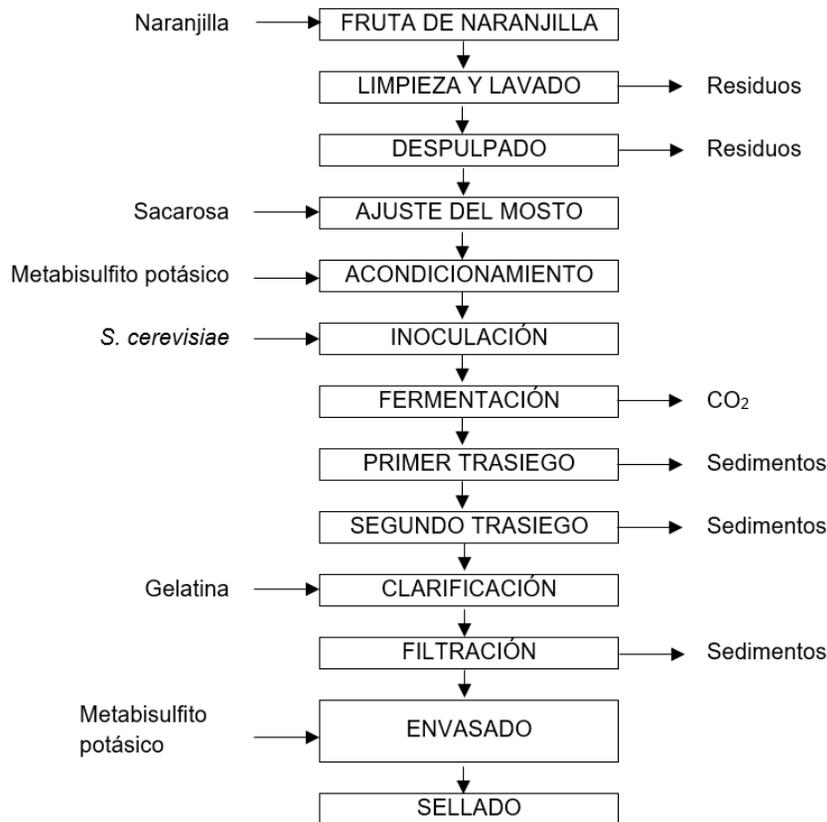
## 2.7 Dinámica de fermentación de sólidos solubles

Para observar la dinámica de fermentación de los azúcares, se realizó un seguimiento a la cantidad de °Bx restantes dentro de las 72, 168, 288 y 480 horas,

para lo cual, se extrajeron 2 mL de producto fermentado por la manguera acondicionada para el efecto. El análisis de °Bx se realizó por triplicado de manera similar a lo descrito para el mosto inicial.

## 2.8 Trasiego y clarificación

Transcurrido el tiempo de fermentación, se procedió a trasvasar el producto fermentado de cada tratamiento con ayuda de la manguera de toma de muestra, evitando arrastrar sedimentos (Trasiego 1) y se dejó reposar durante 12 horas. Se ejecutó un segundo trasiego y se agregó gelatina sin sabor (0,08 g/L), se homogenizó y se mantuvo por 24 horas a 8 °C sin movimiento. Posteriormente se separaron los precipitados por filtración (papel filtro cualitativo Whatman Nro. 1 y sistema de filtración al vacío), se envasó en botellas vineras de 750 mL, se adicionó metabisulfito de potasio (100 mg/L) y se sellaron con corchos para vino.

**Figura 1.** Diagrama de flujo para la elaboración del vino de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.)

## 2.9 Evaluación sensorial

La evaluación del grado de aceptación del producto final (vino de naranjilla) se determinó mediante el análisis sensorial descriptivo (Pszczólkowski y Cepi De Lecco, 2016) de color-limpidez, olor y gusto-sabor-tacto-fin de boca por parte de 20 jueces no entrenados, pero que casualmente degustan bebidas fermentadas, con preferencia al vino. La evaluación se inició con los tratamientos Mo y al siguiente día Ma. Para la prueba se presentó a cada panelista 3 copas vineras con 5 mL de vino, codificadas de acuerdo con °Bx y una ficha con una escala hedónica de 5 puntos (Tabla 2), para la valoración de cada característica sensorial.

**Tabla 2.** Escala hedónica para la evaluación de color, sabor, olor del vino de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.).

Percepción	Ponderación
Me gusta mucho	5
Me gusta moderadamente	4
No me gusta ni me disgusta	3
Me disgusta moderadamente	2
Me disgusta mucho	1

## 2.10 Análisis estadístico

El efecto de la dilución con agua al mosto y los °Bx sobre el rendimiento y el grado de aceptación del vino se determinó mediante un análisis multifactorial  $2 \times 3$  (mosto: agua y mosto íntegro  $\times$  °Bx). La separación de medias en ambos casos se realizó mediante Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 2.11 Evaluación fisicoquímica del producto final (vino de naranjilla).

Los vinos con mayor aceptación fueron evaluados fisicoquímicamente para verificar el cumplimiento de los requisitos que establece la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN, 2016) para vino de frutas. Los parámetros analizados correspondieron al grado alcohólico, acidez total (ácido tartárico) y acidez volátil, anhídrido sulfuroso total, metanol, azúcares totales. Todos los análisis se realizaron en el laborato-

rio del Organismo de Servicio al Público (OSP) de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador.

## 3 Resultados y Discusión

### 3.1 Caracterización del mosto de naranjilla.

La Tabla 3 muestra los valores de pH, acidez titulable y °Bx de mosto de *S. quitoense* Lam. encontrados en el presente estudio y además en reportes de literatura de anteriores investigaciones realizadas con esta fruta. Se observó que el pH del mosto es similar al encontrado en otras investigaciones, sin embargo, la acidez titulable y los sólidos solubles fueron menores. Esta variación puede estar relacionada a factores propios de cultivo donde se realizaron las investigaciones y la madurez de la fruta (González y col., 2014).

El pH del mosto (3,13) estuvo dentro del rango (3,0 a 4,0) que de acuerdo con (Dias y col., 2007; Swami y Divate, 2014; Matei, 2017) es considerado adecuado para una buena fermentación dependiendo de la fruta e inóculo. Además, el valor de pH encontrado garantiza un ambiente ácido a las levaduras y rendimiento de metabolitos (Matei, 2017), por lo que no fue necesario realizar ajustes (Coronel, 2008).

La acidez titulable mostró ser relativamente alta en relación a otras frutas utilizadas para la elaboración de vino, como fresas, moras, ciruelas, manzanas, entre otras, donde el valor no sobrepasa el 1% (Matei, 2017); por ello, el mismo autor recomienda su regulación con compuestos químicos como carbonato de calcio, para evitar sabores agrios en el producto final; sin embargo, para el presente estudio no se realizó este tratamiento debido a que se requería evaluar características del vino de naranjilla con sus propiedades naturales.

Por otra parte, los °Bx encontrados en el mosto (6,3) no fueron los adecuados para una fermentación alcohólica, donde el rango fluctúa entre 16 a 20 °Bx (Coronel, 2008), por lo que se necesitó hacer ajustes mediante la adición de sacarosa hasta completar los valores propuestos a evaluarse.

**Tabla 3.** Características fisicoquímicas del mosto de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) en estudio y reportes divulgados en literatura.

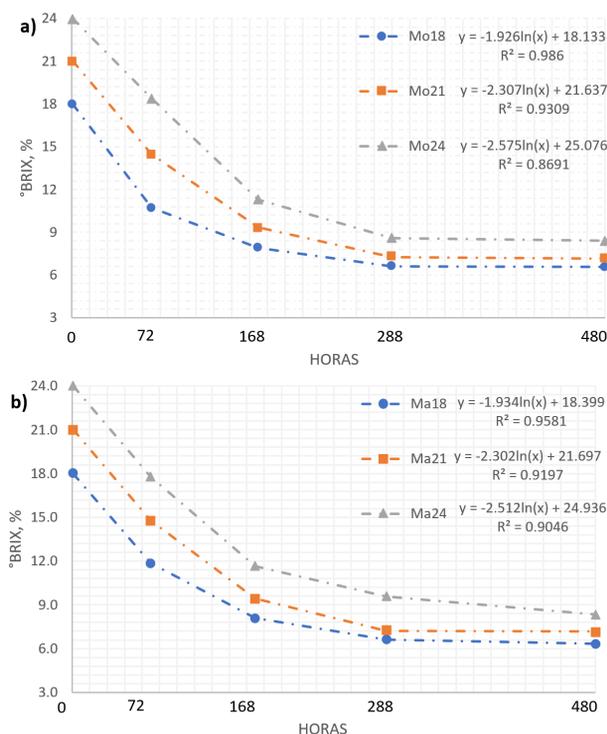
Parámetro	Valor encontrado	Otros reportes		
		(Acosta, Pérez y Vaillant, 2009)	(Brito y col., 2012)	(González y col., 2014)
pH	3,13	3,20 ± 0,04	3	2,89 – 2,94
Acidez titulable (equivalente gramo de ácido cítrico/100 g)	2,02	2,63 ± 0,07	2,56	3,78 – 3,21
Sólidos solubles (°Brix)	6,3	9,1 ± 0,5	10,8	6,58 – 9,04

### 3.2 Dinámica de fermentación

Las Figuras 2a y 2b muestran la dinámica de fermentación de los azúcares del mosto de naranjilla en tratamientos Mo y Ma, respectivamente, tomando como referencia los °Bx determinados durante el proceso. Se observó una disminución significativa de los °Bx hasta las 288 h en todos los tratamientos; sin embargo, a partir de ese tiempo la concentración de °Bx se mantuvo constante hasta las 480 h, a excepción de Ma24 que mostró un leve descenso. Todo esto indica que no habría necesidad de fermentar el mosto de *S. quitoense* Lam. por un tiempo

superior a las 288 h para la producción de vino, a una temperatura comprendida entre 16 a 19 °C, misma que correspondió a la fluctuación durante el proceso.

Adicionalmente, se observó que los °Bx finales fueron superiores a 6%, mismos que varían en relación con los °Bx iniciales, lo que demuestra el cese de la fermentación de los azúcares sin que estos se hayan consumido en su totalidad, hecho que pudo estar relacionado a la inactivación de las levaduras por efecto de la concentración de alcohol y balance de nutrientes (Swami y Divate, 2014).



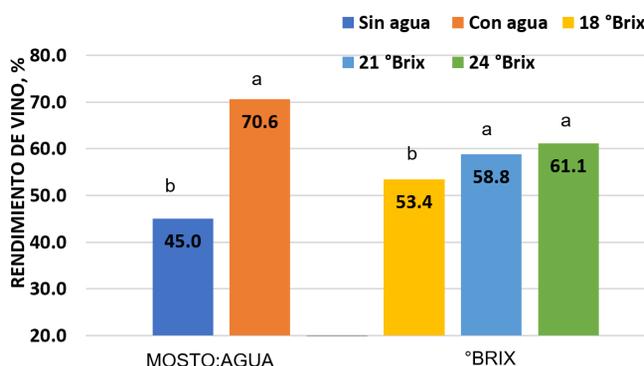
**Figura 2.** Dinámica de la fermentación de los azúcares en la producción de vino de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.).  
a) Tratamientos sin adición de agua al mosto, b) Con adición de agua al mosto (relación 1:4)

### 3.3 Rendimiento del producto final (vino de naranjilla).

La adición de agua al mosto de naranjilla antes de la fermentación permitió obtener más cantidad de vino (70,6% p/p), en comparación con mosto sin dilución que mostró un rendimiento de 45,0% p/p (Figura 3). Pero además de mejorar el rendimiento con la cantidad de agua a ser añadida se puede extraer jugo fácilmente de algunas frutas y disminuir sabores astringentes fuertes o la acidez (Matei, 2017). Adicionalmente, se observó que el porcentaje de azúcares también influye sobre el rendimiento del vino, donde hubo la mayor cantidad se obtuvo

a 21 y 24 °Bx con 58,8 y 61,1%, respectivamente. De manera general, los rendimientos encontrados son similares a los estudios realizados en otras frutas como vino de mango, que reporta rendimientos de hasta 60% pero con incorporación de pectinasas que mejoran las condiciones de fermentación (Veeranjaneya y Reddy, 2009).

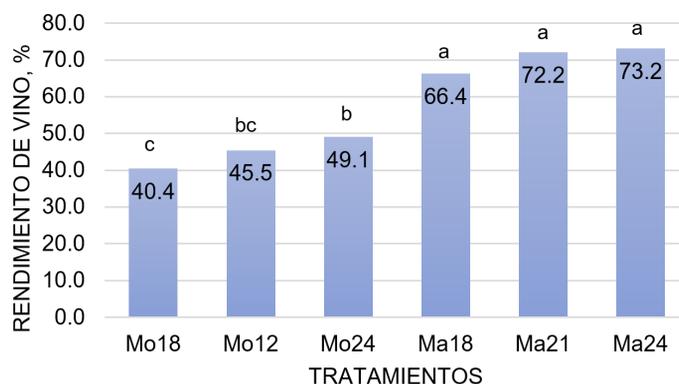
La alta cantidad de desechos obtenidos en el primer trasiego, el bajo rendimiento en mosto sin agua y a 18 °Bx, hace pensar a futuro en el uso de enzimas durante la maceración del mosto (Romero, 2008) como una alternativa para vino de *Solanum quitoense* Lam.



**Figura 3.** Efecto de la adición de agua y °Brix sobre el rendimiento de vino de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.). (Las letras distintas muestran diferencias estadísticas, Tukey  $p < 0,05$ )

La Figura 4 muestra el rendimiento del vino con respecto a los tratamientos. Los resultados corroboran lo anteriormente mencionado (Figura 3), donde Ma en las diferentes concentraciones de °Bx mues-

tra mejores rendimientos que Mo; sin embargo, conforme se incrementa el °Bx en Mo se obtuvo mayor cantidad de vino.

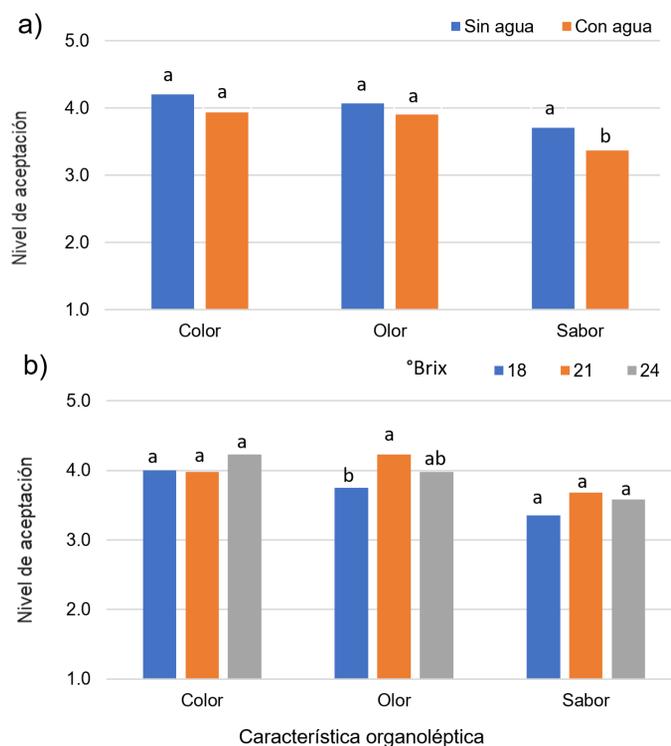


**Figura 4.** Rendimiento de vino de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) de acuerdo con los tratamientos. (Las letras distintas muestran diferencias estadísticas, Tukey  $p < 0,05$ )

### 3.4 Evaluación sensorial del vino de naranjilla

Se encontró que la adición de agua al mosto de naranjilla afecta negativamente el sabor del vino (Figura 5a), al igual que el color y olor; aunque, de acuerdo con la escala hedónica establecida, la valoración promedio del sabor del vino es “no me gusta ni me disgusta” a diferencia del color y olor que alcanza una ponderación “me gusta moderadamente” en vino sin agua. Estos resultados demostrarían disminución de compuestos aromáticos en la bebida, tal como lo encontrado por (Dias y col., 2007), donde la adición de agua disminuyó el sabor del vino a base de cocoa.

También, se encontró que los °Bx influyen estadísticamente sobre el olor del producto final, donde vinos con 21 y 24 °Bx alcanzan ponderación “moderadamente aceptable” para el consumidor a diferencia de 18 °Bx, en tanto que el color y sabor del vino no varía a diferentes °Bx iniciales en el mosto con valoraciones promedio de “me gusta moderadamente” y “no me gusta ni me disgusta”, respectivamente. De manera general, el bajo nivel de aceptabilidad para el atributo sabor, estuvo relacionado con observaciones anotadas por algunos catadores a sensación de acidez en el vino, correlacionándose directamente con la acidez inicial del mosto, misma que no fue ajustada en este estudio.

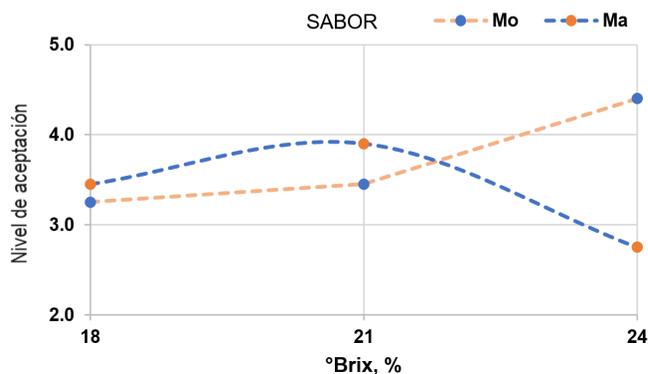


**Figura 5.** Nivel de aceptación del vino de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) de acuerdo con el color, olor y sabor, a) Valoración en función de la adición de agua, b) En función a los °Brix. (Las letras distintas muestran diferencias estadísticas, Tukey p < 0,05)

Se encontró una interacción (Figura 6) entre la adición de agua y 24 °Bx sobre el sabor de vino, evidenciándose un deterioro en este atributo bajo esas condiciones iniciales del mosto, que genera una sensación de “disgusto moderado”, a diferencia del sabor del vino sin adición y con la misma cantidad °Bx que “gusta moderadamente”. Este efecto puede

estar relacionado al cese de la fermentación por la concentración de alcohol o disminución de nutrientes como la fuente de nitrógeno (Swami y Divate, 2014), con posterior lisis de las levaduras y quedando componentes de la pared celular disueltos, tal como se señala en (Vasanth y col., 2017). Este hecho se corroboró con la alta turbidez presentada en el

vino, pues después del tratamiento de filtración pudieron haber quedado residuos orgánicos de sabor desagradable, lo que indicaría que al agregar agua no solamente se debe incrementar los azúcares, sino también los nutrientes para lograr un crecimiento celular estable.



**Figura 6.** Interacción entre la adición de agua al mosto y los °Brix sobre el sabor del vino de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.).

La Tabla 4 muestra la aceptación del consumidor al vino de naranjilla con respecto a los atributos sensoriales evaluados y de manera general, en los diferentes tratamientos. No se encontraron diferencias estadísticas para color, olor, pero si para el sabor y aceptación general con los mismos rangos de clasificación. Así, los vinos con mayor aceptación fueron en los tratamientos Mo24 y Ma21, y menor para Ma24; mientras que, el resto se mantuvo en la misma categoría en nivel intermedio.

De acuerdo con la escala hedónica propuesta para la valoración de aceptabilidad del vino, los tratamientos Mo24 y Ma21 tuvieron valores superiores

a 4 en casi todas las características sensoriales, con excepción del sabor de Ma21 que obtuvo una media de 3,9. Esto demuestra que la aceptación del vino elaborado en esas condiciones se encuentra en una ponderación de “me gusta moderadamente”; de igual forma, la aceptabilidad general en los demás tratamientos evidencia que *S. quitoense* Lam. puede ser una fruta con gran potencial para la elaboración de vino, debido a que su consumo no produce sensaciones de desagrado; sin embargo, se debería trabajar en relación con Mo24 y Ma21, y realizar estudios para mejorar el rendimiento y disminución de la acidez, que es el factor que influye en el sabor.

**Tabla 4.** Evaluación sensorial del vino de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) de acuerdo a los tratamientos.

Tratamiento	Color	Olor	Sabor	Aceptación general
Mo18	4,1 <sup>a</sup>	3,8 <sup>a</sup>	3,3 <sup>bc</sup>	3,7 <sup>bc</sup>
Mo21	4,0 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>	3,5 <sup>bc</sup>	3,9 <sup>bc</sup>
Mo24	4,6 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	4,4 <sup>a</sup>	4,4 <sup>a</sup>
Ma18	4,0 <sup>a</sup>	3,8 <sup>a</sup>	3,5 <sup>bc</sup>	3,7 <sup>bc</sup>
Ma21	4,0 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	3,9 <sup>ab</sup>	4,0 <sup>ab</sup>
Ma24	3,9 <sup>a</sup>	3,8 <sup>a</sup>	2,8 <sup>c</sup>	3,5 <sup>c</sup>

Medias en la misma columna con letras distintas son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) de acuerdo con Tukey.

### 3.5 Análisis fisicoquímico del producto final (vino de naranjilla)

Los vinos con mayor aceptación (Mo24 y Ma21) de acuerdo con el análisis sensorial (Tabla 4), fueron evaluados fisicoquímicamente (Tabla 5) para verificar su cumplimiento con los requisitos que establece la NTE INEN 374-3 para vino de frutas.

Los resultados mostraron que el porcentaje de alcohol en los vinos fue del 15%v/v en Mo24 y 13%v/v para Ma21, valores que estarían directamente relacionados con la concentración inicial de azúcares fermentables en el mosto (Matei, 2017), siendo estas concentraciones aceptadas por la NTE INEN, que no especifica un máximo en el grado alcohólico. Según la clasificación de los vinos de frutas descrita por (Joshi y Attri, 2005; Swami y Divate, 2014) el producto obtenido en los tratamientos Mo24 se denominaría como un vino de postre y aperitivo, y el vino Ma21 como natural. La acidez total expresada como ácido tartárico fue de 23,2 y 19,4 g/L para Mo24 y Ma21, respectivamente. Esto demuestra que el vino obtenido tiene un carácter ácido, dato que concuerda con las observaciones encontradas en la catación, y producto de la acidez

inicial del mosto, misma que no fue ajustada. Este proceso se omitió para evaluar un procedimiento que no implique mayor utilización de recursos económicos, pero sin dejar a un lado en un futuro a la parte técnica, como la adición de reguladores de acidez, utilización de variedades de levaduras que permitan minimizar a este parámetro (Joshi y Attri, 2005) o el uso de la naranjilla en combinación con otra fruta. La baja acidez volátil encontrada 0,18 g/L en Mo24 y 0,09 g/L en Ma21 representa una fermentación adecuada en ambos tratamientos y que las características organolépticas del vino no están alteradas por acidez acética. La concentración de anhídrido sulfuroso total fue de 17,9 y 21,8 g/L en Mo24 y Ma21, respectivamente, valores que se encuentran dentro del rango permitido, y las cantidades encontradas son bajas, por lo que no influirán sobre las características sensoriales del vino (Dias y col., 2007). La no detección de metanol asegura la calidad de fermentación del vino de naranjilla en las condiciones establecidas. Finalmente, de acuerdo con la cantidad de azúcares totales encontrados en los tratamientos Mo24 (34,9 g/L) y Ma21 (30,5 g/L), la norma establecida categoriza a estos vinos de frutas como semidulces.

**Tabla 5.** Características fisicoquímicas del vino de naranjilla en tratamientos con mejor aceptación-requisitos de la Norma Técnica Ecuatoriana para vino de frutas.

PARÁMETROS	UNIDAD	VINO DE NARANJILLA		REQUISITOS*	
		Mo24	Ma21	Mínimo	Máximo
Grado alcohólico a 20 °C	% (v/v)	15,0	13,0	6,0	–
Acidez total (ácido tartárico)	g/L	23,2	19,4	3,5	–
Acidez volátil (ácido acético)	g/L	0,18	0,09	–	1,5
Anhídrido sulfuroso total	mg/L	17,9	21,8	–	400,0
Metanol	mg/L	0,01	0,01	–	1000,0
Azúcares totales	g/L	34,9	30,5	25,0 (semidulce)	50,0

Mo24= vino de naranjilla a partir de mosto sin adición agua y 24 °brix

Ma21= vino de naranjilla a partir de mosto con adición agua (4:1) y 21 °brix

\*NTE INEN 374-3 Requisitos de bebidas alcohólicas. Vino de frutas.

## 4 Conclusiones

Se estableció una técnica viable para la elaboración de vino semidulce a partir de la naranjilla, por cuanto, se demostró una buena aceptación en relación con las características sensoriales y, además, el producto obtenido cumple con todos los requisitos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana correspondiente. Se propone el uso de esta fruta en la enología a pequeña o mediana escala, por su bajo costo, disponibilidad y aromas agradables, lo que ayudaría enormemente a la vinculación de nuevas actividades económicas, generando oportunidades para el impulso del desarrollo territorial, por la posibilidad de incrementar flujos turísticos y tiempos de estancia, debido a la conjunción de la producción vinícola con la gastronomía.

Es necesario trabajar en la mejora y la transferencia del proceso técnico establecido, especialmente para obtener mayores rendimientos, disminución de la acidez e incorporar nuevos estudios con frutas tropicales e integrarlas al desarrollo de propuestas enológicas con participación de la comunidad anfitriona y los visitantes.

## Referencias

- Acosta, Ó., A. Pérez y F. Vaillant (2009). «Chemical characterization, antioxidant properties, and volatile constituents of naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) cultivated in Costa Rica». En: *Archivos latinoamericanos de nutrición* 59.1, 88-94. Online: <https://bit.ly/3GTQSa1>.
- Andrade, M. y col. (2015). «Caracterización de la naranjilla (*Solanum quitoense*) común en tres estados de madurez». En: *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 16.2, 215-221. Online: <https://bit.ly/3bSusHA>.
- Baidya, D., I. Chakraborty y J. Saha (2016). «Table wine from tropical fruits utilizing natural yeast isolates». En: *Journal of food science and technology* 53.3, 1663-1669. Online: <https://bit.ly/2ZXAGUx>.
- Balogu, T. y O. Towobola (2017). «Production and quality analysis of wine from honey and coconut milk blend using *Saccharomyces cerevisiae*». En: *Fermentation* 3.2, 16. Online: <https://bit.ly/3mOelRU>.
- Brito, B. y col. (2012). *Manejo poscosecha, características físicas y nutricionales de la naranjilla para el desarrollo de pulpas y deshidratados*. Inf. téc. INIAP. Online: <https://bit.ly/3odvjbL>.
- Cerón, I., J. Higueta y C. Cardona (2010). «Capacidad antioxidante y contenido fenólico total de tres frutas cultivadas en la región andina». En: *Vector* 5.2011, 17-26. Online: <https://bit.ly/3o5llrF>.
- Coronel, M. (2008). «Los vinos de frutas». Tesis de grado. Online: <https://n9.cl/7aklq>. Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Dias, D. y col. (2007). «Elaboration of a fruit wine from cocoa (*Theobroma cacao* L.) pulp». En: *International journal of food science and technology* 42.3, 319-329. Online: <https://bit.ly/3qv32QX>.
- Endara, V. (2017). *600 frutas de todo el mundo se producen al noroccidente de Quito*. El Telégrafo.
- Fracassetti, D. y col. (2019). «Innovative alcoholic drinks obtained by co-fermenting grape must and fruit juice». En: *Metabolites* 9.5, 86. Online: <https://bit.ly/3D9b6u9>.
- GAD parroquial de Pacto (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del la Parroquia de Pacto 2012-2025*. Online: <https://bit.ly/3wz0CS1>.
- Gancel, A. y col. (2008). «Identifying carotenoids and phenolic compounds in naranjilla (*Solanum quitoense* Lam. var. Puyo hybrid), an Andean fruit». En: *Journal of agricultural and food chemistry* 56.24, 11890-11899. Online: <https://bit.ly/3qoglcq>.
- González, D. y col. (2014). «Cambios en las propiedades fisicoquímicas de frutos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) cosechados en tres grados de madurez». En: *Acta agronómica* 63.1, 11-17. Online: <https://bit.ly/3bVLC0F>.
- Granados, C. y col. (2013). «Evaluación fisicoquímica y microbiológica del aperitivo vínico de lulo (*Solanum quitoense* L.)». En: *Información tecnológica* 24.6, 35-40. Online: <https://n9.cl/wj5oh>.
- Guayasamín, M. (2015). «Evaluación ex ante del impacto socio-económico del manejo convencional y mejorado del cultivo de naranjilla (*Solanum Quitoense*) en el Ecuador». Tesis de grado. Online: <https://bit.ly/3odRONI>. Universidad Central del Ecuador.
- Ho, C. y col. (2020). «Alcoholic fermentation of soursop (*Annona muricata*) juice via an alternative fermentation technique». En: *Journal of the Science of Food and Agriculture* 100.3, 1012-1021. Online: <https://bit.ly/3BZ0i0a>.

- INEN (2016). NTE INEN 374. *Requisitos para bebidas alcoholicas. Vino de frutas*. Inf. téc.
- Joshi, V. y D. Attri (2005). «Panorma of research and development of wines in India». En: *Journal of Scientific and Industrial Research* 64.1, 9-18. Online: <https://bit.ly/3bSuIq2>.
- Loizzo, M. y col. (2019). «Native colombian fruits and their by-products: Phenolic profile, antioxidant activity and hypoglycaemic potential». En: *Foods* 8.3, 89. Online: <https://bit.ly/3c01ohn>.
- Matei, F. (2017). «Science and Technology of Fruit Wine Production». En: Academic Press. Cap. Technical Guide for Fruit Wine Production, págs. 663-703.
- Montaner Montejano, J. (1996). *Estructura del mercado turístico*. Editorial Síntesis.
- Ogodo, A. y col. (2015). «Production of mixed fruit (pawpaw, banana and watermelon) wine using *Saccharomyces cerevisiae* isolated from palm wine». En: *SpringerPlus* 4.1, 1-11. Online: <https://bit.ly/306CURz>.
- Pszczółkowski, P. y C. Ceppi De Lecco (2016). *Manual de vinificación: Guía práctica para la elaboración de vinos*. Ediciones UC.
- Revelo, J. y P. Sandoval (2003). *Factores que afectan la producción y productividad de la naranjilla (Solanum quitoense Lam.) en la Región Amazónica del Ecuador*. Inf. téc. INIAP. Online: <https://bit.ly/3H6swde>.
- Romero, M. (2008). «Extracción de compuestos fenólicos de la uva al vino. Papel de los enzimas de maceración». Tesis de doctorado. Online: <https://bit.ly/3H4to1L>. Universidad de Murcia.
- Swami S. and Thakor, N. y A. Divate (2014). «Fruit wine production: a review». En: *Journal of Food Research and Technology* 2.3, 93-100. Online: <https://bit.ly/3qn0tA5>.
- Tresserras, J., D. Serrano y F. Medina (2011). *Turismo del vino: análisis de casos internacionales. Turismo del vino*. Editorial UOC.
- Vasantha, H. y col. (2017). «Chemistry of fruit wines». En: Elsevier, págs. 105-176.
- Veeranjaneya, L. y O. Reddy (2009). «Production, optimization and characterization of wine from mango (*Mangifera indica* Linn.)» En: 8.4, 426-435. Online: <https://bit.ly/3qr8zaX>.
- Wang, C. y col. (2013). «Optimization of fermentation process for preparation of mulberry fruit wine by response surface methodology». En: *African Journal of Microbiology Research* 7.3, 227-236. Online: <https://bit.ly/301sTEJ>.

## NORMAS PARA AUTORES

El presente manual describe los pasos que deberá tener en cuenta para realizar un envío satisfactorio de su manuscrito. Tómese el tiempo necesario para leer cuidadosamente el presente documento.

### 1 Información general

«La Revista de Ciencias de la Vida, La Granja» es una publicación científica bilingüe de la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador, editada desde enero de 2002 de forma ininterrumpida, con periodicidad fija semestral, especializada en Ciencias de la Vida, Ambientales y sus líneas transdisciplinarias como Ciencias de la Tierra, Biotecnología y Ciencias Agropecuarias, y Desarrollo Local Sostenible, entre otras.

Es una revista científica arbitrada, que utiliza el sistema de evaluación externa por expertos (*peer-review*), bajo metodología de pares ciegos (*double-blind review*), conforme a las normas de citación del estilo Harvard. El cumplimiento de este sistema permite garantizar a los autores un proceso de revisión objetivo, imparcial y transparente, lo que facilita a la publicación su inclusión en bases de datos, repositorios e indexaciones internacionales de referencia.

«La Revista de Ciencias de la Vida, La Granja» se encuentra indexada en SCOPUS, en el Emerging Source Citation Index ESCI de la Web of Science, en el directorio y catálogo selectivo del Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Latindex), en el Sistema de Información Científica REDALYC, en el Directorio de Revistas de Acceso Abierto DOAJ en el sistema de Clasificación Integrada de Revistas Científicas CIRC, en BaseSearch, la Máquina de Búsqueda Académica de *Bielefeld*, y en más de 42 repositorios, bibliotecas y catálogos especializados de Iberoamérica.

La revista se edita en doble versión: impresa (ISSN: 1390-3799) y electrónica (e-ISSN: 1390-8596), en español e inglés, siendo identificado además cada trabajo con un DOI (Digital Object Identifier System).

Todos los artículos son publicados para poder

acceder a su contenido de manera abierta sin restricciones económicas, tanto en las fases de envío, revisión, publicación y traducción integrada de los manuscritos.

### 2 Alcance y política

#### 2.1 Temática

Contribuciones originales en materia de Ciencias de la Vida, Ambientales y sus líneas transdisciplinarias como Ciencias de la Tierra, Biotecnología y Ciencias Agropecuarias, y Desarrollo Local Sostenible y todas aquellas disciplinas conexas interdisciplinariamente con la línea temática central.

#### 2.2 Aportaciones

«La Revista de Ciencias de la Vida, La Granja» edita preferentemente resultados de investigación empírica, teórica o experimental (*Scientific Articles*), redactados en español y/o inglés, siendo también admisibles selectas revisiones bibliográficas (*Reviews*).

Todos los trabajos deben ser originales, no haber sido publicados en ningún medio ni estar en proceso de arbitraje o publicación.

De esta manera, las aportaciones en la revista pueden ser:

##### a. Investigaciones Científicas (*Scientific Articles*):

5.000 a 6.500 palabras de texto, incluyendo título, resúmenes, introducción, materiales y métodos, resultados, conclusiones, tablas, figuras y referencias. Las referencias deberán estar citadas, ser actuales y selectivas de alrededor de unas 40 obras.

##### b. Revisiones (*Reviews*):

Máximo sugerido 7.000 palabras de texto, incluidas tablas y referencias. Se valorará especialmente las referencias justificadas, actuales y selectivas de alrededor de unas 50 obras.

«La Revista de Ciencias de la Vida, La Granja» tiene periodicidad semestral (20 artículos por año), publicada en los meses de marzo y septiembre.

### 2.3 Política económica abierta

«La Revista de Ciencias de la Vida, La Granja», es una revista abierta, donde todos los artículos son publicados para poder acceder a su contenido de manera abierta sin restricciones de contenido o económicas, tanto en el proceso de revisión como de publicación y traducción íntegra de los manuscritos. La revista es publicada por el Editorial Abya-Yala, en Quito, Ecuador.

### 2.4 Copyright

Las obras que se publican en «La Revista de Ciencias de la Vida, La Granja» están sujetas a los siguientes términos:

1. La Universidad Politécnica Salesiana (RUC: 0190151530001) conserva los derechos patrimoniales (copyright) de las obras publicadas, y favorece y permite la reutilización de las mismas bajo la licencia *Creative Commons Reconocimiento-No-Comercial-Sin Obra Derivada 3.0 Ecuador*, por lo cual se pueden copiar, usar, difundir, transmitir y exponer públicamente, siempre que:
  - Se cite la autoría y fuente original de su publicación (revista, editorial, URL y DOI de la obra).
  - No se usen para fines comerciales u onerosos.
  - Se mencione la existencia y especificaciones de esta licencia de uso.
2. La publicación otorgará a cada artículo un *Digital Object Identifier (DOI)*. Ejemplo: Navarrete, Bernardo, Oswaldo Valarezo, Ernesto Cañarte y Ramón Solórzano. 2017. Efecto del nim (*Azadirachta indica Juss.*) sobre *Bemisia tabaci Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae)* y controladores biológicos en el cultivo del melón *Cucumis melo L.* La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 25(1):33-4. <https://doi.org/10.17163/ret.n12.2016.05>

## 3 Presentación, estructura y envío de los manuscritos

Todos los autores han registrarse con sus créditos, filiaciones institucionales, país e identificador ORCID en la plataforma OJS; si bien sólo uno de ellos será el responsable de correspondencia. Ningún autor podrá enviar o tener en revisión dos manuscritos de forma simultánea, estimándose una carencia de un número consecutivo (1 año).

Cuando presente el artículo, usted no debe intentar diseñar el manuscrito, no justifique el documento, o centre los títulos, ni utilice el formato de doble columna. El único formato requerido es que los nombres en latín de los organismos deben estar en itálicas.

Los trabajos se presentarán en tipo de letra Arial número 10, interlineado doble (excepto para los títulos de tablas y figuras), justificado completo y sin tabuladores ni espacios en blanco entre párrafos. Todas las líneas deberán estar enumeradas de forma automática (Word>Diseño de página>Números de línea>continuo). Solo se separarán con un espacio en blanco los grandes bloques (título, autores, resumen, introducción, materiales y métodos, resultados, conclusiones y referencias). La página debe tener 2 centímetros en todos sus márgenes (descargar “manuscrito anonimizado”).

Los trabajos deben presentarse en documento de Microsoft Word (.doc o .docx) o LaTeX (.tex) que incluya las referencias en formato (.bib), siendo necesario que el archivo esté anonimizado en Propiedades de Archivo, de forma que no aparezca la identificación de autor/es.

Los manuscritos deben ser enviados única y exclusivamente a través del OJS (Open Journal System), en el cual todos los autores deben darse de alta previamente. No se aceptan originales enviados a través de correo electrónico u otra interfaz.

Por motivos de mejoramiento de la visibilidad e impacto de las publicaciones, todos los autores deben tener un número ORCID <<https://orcid.org/>> se sugiere que al menos uno de los autores tenga una cuenta en Research Gate <<https://www.researchgate.net/home>>.

### 3.1 Estructura del manuscrito

Para aquellos trabajos que se traten de investigaciones científicas, los manuscritos seguirán la estructura IMRDC (Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones), cualquier uso de anexos se enviará como un documento aparte en Word o Latex y será catalogada como información complementaria (descargar “manuscrito anonimizado”).

Los trabajos que se traten de Revisiones Bibliográficas, podrán ser más flexibles en sus epígrafes, especialmente en Materiales y Métodos, Resultados y Discusión. En todas las tipologías de trabajos son obligatorias las Referencias que en lo posible deberán incluir un link electrónico de referencia. En cualquier caso los documentos constarán de las siguientes secciones:

#### a. Título (español) / Title (inglés):

Conciso pero informativo, en castellano en primera línea y en inglés en segunda. Se aceptan como máximo 25 palabras con espacios incluidos. El título no solo es responsabilidad de los autores, pudiéndose proponer cambios por parte del Consejo Editorial.

Es necesario escribirlo en mayúsculas y minúsculas, centrado; si contiene nombres científicos de taxa, destacarlos con cursivas, sin el autor del taxón.

#### b. Nombres y filiación de los autores:

Nombre(s) y Apellido(s) de cada uno de los autores, organizados por orden de prelación. Junto a los nombres ha de seguir centro de trabajo, dirección, ciudad, país, correo electrónico de cada autor y número de ORCID. Adicionalmente se debe incluir qué autor será el responsable del manuscrito o autor por correspondencia, señalándolo con un asterisco (\*). Dicha información será únicamente presentada en el archivo modelo denominado “presentación-portada” (descargar “presentación-portada”).

#### c. Resumen (español) / Abstract (inglés):

Tendrá como extensión máxima 250 palabras, primero en español y después en inglés. En el resumen se describirá de forma concisa implícita o explícitamente y en este orden: Justificación del tema; Objetivos; Metodología y muestra; Principales resultados; Principales conclusiones. Ha de estar

escrito de manera impersonal “El presente trabajo analiza...”. En el caso del abstract no emplee traductores automáticos, tome el debido cuidado al traducir su resumen, es la primera impresión que tendrá el revisor.

#### d. Palabras clave (español) / Keywords (inglés):

Se deben exponer de 4 a 6 descriptores por cada versión idiomática relacionados directamente con el tema del trabajo. Trate de no repetir las mismas palabras del título. Deben colocarse tanto en español, como en inglés.

#### e. Introducción:

Se sugiere utilizar el sistema SPPR Situación (Estado del Arte), Problema, Pregunta (Hipótesis del Estudio) y Respuesta (Objetivo del Estudio). De esta manera, se debe exponer de manera clara y con suficientes referencias bibliográficas el estado del arte actualizado de su estudio, el planteamiento del problema, el contexto de la problemática, la justificación, fundamentos y propósito del estudio, utilizando la literatura más significativa y actual del tema.

#### f. Materiales y métodos:

Deben ser redactados de forma que el lector pueda comprender con facilidad el desarrollo de la investigación. Describirá cronológicamente la metodología, la muestra y la forma de muestreo, así como se hará referencia al tipo de análisis estadístico empleado. Asegurando en todo momento la replicabilidad de su experimento explicando el diseño experimental, equipos de laboratorio utilizados y programas computacionales, entre otros. En toda metodología utilizada, es necesario exponer las razones que han conducido a su empleo y describir sus posibles limitaciones.

#### g. Resultados y Discusión:

Se procurará resaltar las observaciones más importantes. Debe incluir la información cuantitativa o cualitativa que sustentará las conclusiones finales. Aparecerán en una secuencia lógica en el texto y las Tablas, Figuras y ecuaciones imprescindibles evitando la duplicidad de datos. Toda tabla, figura o ecuación deberá estar citada en el texto y enumerada secuencialmente.

Para el caso de las ecuaciones, emplee el editor de ecuaciones de Word o mediante programación en Latex, coloque de manera consecutiva las ecuaciones ordenándolas mediante un número encerrado entre paréntesis (1), para mejor comprensión vea el documento “manuscrito anónimo”.

Las fotos, ilustraciones y gráficas únicamente se presentan como figuras, y éstas, al igual que las tablas, deben incluir una descripción explicativa para cada una, ver manuscrito anónimo.

En el texto, toda tabla y figura deben ser nombradas, analizadas y discutidas resaltando los hallazgos más representativos y/o limitaciones del estudio. Cite dentro del texto Figura 6 o Tabla 1, por ejemplo. No abrevie la palabra figura o tabla.

Las figuras pueden ser dibujos lineales, mapas, o fotografías de medios tonos en blanco y negro o a color en resolución de 300 dpi, es decir el tamaño de la figura debe ser grande, apropiado para la publicación en formato de calidad. Cada figura debe ser adjuntada con el envío en formato TIFF, PNG o JPG enumeradas en el orden de aparición. Los autores deberán tomar en cuenta que las leyendas y ejes de las figuras deben ser perfectamente legibles tanto al ampliar como reducir la figura.

Diseñe las figuras para que se ajusten eventualmente al tamaño final de la revista 19,2 × 26,2 cm. Asegúrese de que las inscripciones o detalles, así como las líneas, tengan tamaños y grosores adecuados de tal manera que no queden ilegibles cuando sean reducidos a su tamaño final (números, letras y símbolos deben ser reducidos al menos a 2,5 mm de altura después que las ilustraciones han sido reducidas para ajustarse a la página impresa). Idealmente, las ilustraciones lineales deben ser preparadas a aproximadamente a un cuarto de su tamaño final de publicación, ejemplo: 4,7 × 6,5 cm.

Diferentes elementos en la misma figura deben ser deletreados a, b, c, d, etcétera. Las fotografías deben gravarse con alto contraste y en alta resolución. Recuerde que las fotografías frecuentemente pierden contraste en el proceso de impresión. Si las figuras han sido previamente usadas, es de responsabilidad única del autor el obtener el/los permisos correspondientes. Evite problemas posteriores relacionados con los derechos de autor.

#### **h. Conclusiones y Discusión:**

El apartado de Discusiones puede aparecer en los Resultados o en las Conclusiones, a preferencia del autor. Las Conclusiones resumirán los ha-

llazgos más importantes, relacionando las propias observaciones con estudios de interés, señalando aportaciones y limitaciones, sin redundar datos ya comentados en otros apartados. Asimismo, el apartado de discusión y conclusiones debe incluir las implicaciones y líneas para futuras investigaciones.

#### **i. Agradecimientos (opcionales):**

El *Council Science Editors* recomienda a los autor/es especificar la fuente de financiación de la investigación. Se considerarán prioritarios los trabajos con aval de proyectos competitivos nacionales e internacionales. En todo caso, para la valoración científica del manuscrito, este debe ir anonimizado con XXXX solo para su evaluación inicial, a fin de no identificar autores y equipos de investigación, que deben ser explicitados en la Carta de Presentación y posteriormente en el manuscrito final.

#### **j. Referencias:**

Las citas bibliográficas deben reseñarse en forma de referencias al texto. Bajo ningún caso deben incluirse referencias no citadas en el texto, ni tampoco deben ser incluidas citas solamente en el texto sin contener su respectiva referencia. Su número debe ser suficiente para contextualizar el marco teórico con criterios de actualidad e importancia. Se presentarán alfabéticamente por el primer apellido del autor, siguiendo el estilo Harvard, que se describe a continuación y/o que se puede presentar con el gestor de citas del procesador de texto utilizado.

### **3.2 Normas para las referencias**

#### **3.2.1 Como se cita en el texto**

Harvard es un estilo de citación que permite colocar los dos apellidos del autor (muchas veces éstos aparecen separados con un guión), si es que los presenta. Caso contrario se utiliza un solo apellido, como es usual en la tradición anglosajona.

**Un autor:** Samaniego (2012); (Samaniego, 2012); Valdés-Pérez (2016); (Valdés-Pérez, 2016); (Valdés Pérez, 2016); Valdés Pérez (2016).

**Hasta tres autores:** Samaniego, Vásquez y Torres (2010); (Samaniego, Vásquez y Torres, 2010).

**Más de tres autores:** Samaniego *et al.* (2010); (Samaniego *et al.*, 2010)

### 3.2.2 Referencias

**a. Artículo de revista (incluir siempre el DOI del artículo o en lo posible la dirección electrónica URL del artículo):**

Arnold, M. y Osorio, F. (1998) Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General del Sistemas. Revista Cinta de Moebio [en línea], (3). Universidad de Chile. Disponible en <<https://goo.gl/FwjAqo>>[consulta: 20 enero 2005].

Dhillon, B. (2004) Should Doctors Wear Ties? Medical Monthly [en línea], 3 (1), 55-88. Disponible en <<https://goo.gl/pHzUxJ>>[consulta: 20 abril 2006].

### b. Libros completos:

Un Autor:

Holt, DH 1997, Management principles and practises, Prentice Hall, Sydney.

Dos Autores:

McCarthy, EJ, William, DP & Pascale, GQ 1997, Basic marketing, Irwin, Sydney.

Tres o más autores:

Bond, WR, Smith, JT, Brown, KL & George, M 1996, Management of small firms, McGraw-Hill, Sydney.

### c. Medios electrónicos:

Reed, S 2015, 'Shift to lower-carbon energy is too slow, report warns', New York Times, 9 November. Available from: <https://goo.gl/iczP53>. [10 November 2015].

Es prescriptivo que todas las citas que cuenten con DOI (Digital Object Identifier System) estén reflejadas en las Referencias (pueden obtenerse en <http://goo.gl/gfruh1>). Todas las revistas y libros que no tengan DOI deben aparecer con su link (en su versión online, en caso de que la tengan, acortada, mediante Google Shortener: <http://goo.gl>)

Los artículos de revistas deben ser expuestos en idioma inglés, a excepción de aquellos que se encuentren en su idioma de origen, caso en el que se

expondrá en ambos idiomas utilizando corchetes. Todas las direcciones web que se presenten tienen que ser acortadas en el manuscrito, a excepción de los DOI que deben ir en el formato indicado (<https://doi.org/XXX>).

## 3.3 Epígrafes

Los epígrafes del cuerpo del artículo se numerarán en arábigo. Irán sin caja completa de mayúsculas, ni subrayados, ni negritas. La numeración ha de ser como máximo de tres niveles: 1. / 1.1. / 1.1.1.

Al final de cada epígrafe numerado se establecerá un espacio.

## 4 Proceso de envío

Deben remitirse a través del sistema OJS previo registro en la dirección <<http://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/user/register>>de la revista, los siguientes archivos:

**Archivo N°1:** Cover Letter, Cesión de derechos y declaración de conflictos de interés:  
Descargue el modelo "cover letter".

**Archivo N°2:** Presentación-portada:  
Este archivo (Word o Latex), contendrá tres apartados claramente identificables:

- Título en español e inglés, nombres y apellidos de los autores de forma estandarizada con número de ORCID, filiación y grado académico.
- Resumen, abstract, palabras claves y keywords.
- Una declaración de que el manuscrito se trata de una aportación original, no enviada ni en proceso de evaluación en otra revista, confirmación de las autorías firmantes, aceptación (si procede) de cambios formales en el manuscrito conforme a las normas y cesión parcial de derechos a la editorial (descargar "presentación-portada").

**Archivo N°3:** Manuscrito totalmente anonimizado, conforme a las normas referidas en precedencia.

**Archivo N°4:** El autor de correspondencia deberá presentar una lista de 5 potenciales revisores del ar-

título que cumplan los siguientes criterios (descargar modelo “evaluadores sugeridos”):

- No ser del mismo país del autor de correspondencia. Por ejemplo, si el autor de correspondencia trabaja en Brasil, el revisor propuesto NO puede estar vinculado a instituciones del mismo país del autor de correspondencia, es decir, “Brasil”).

El formato de este archivo podrá realizarse en cualquier procesador de texto Word / LaTeX y se deberá aportar de cada potencial revisor la siguiente

información:

- Nombres y Apellidos
- Filiación
- Grado académico
- Correo electrónico
- Código Orcid correspondiente

Indicar brevemente la pertinencia de dicho revisor para la evaluación del manuscrito

El no cumplimiento de algunas de los requisitos de la presente normativa podrá ser causal de rechazo AUTOMÁTICO del manuscrito.  
Tome el debido tiempo para completar de manera correcta el proceso de envío.

LA GRANJA:  
REVISTA DE CIENCIAS DE LA VIDA



Primer Lugar del Concurso de Fotografía por el  
20 Aniversario de La Granja.

*Kaiuska Reyes (2022)*

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR**

Juan Cárdenas Tapia, sdb

Rector

©Universidad Politécnica Salesiana

Turuhuayco 3-69 y Calle Vieja, Cuenca, Ecuador

Teléfono: (+593 7) 205 00 00 Fax: (+593 7) 408 89 58 Casilla postal 2074

Correo electrónico: [srector@ups.edu.ec](mailto:srector@ups.edu.ec)

Web: [www.ups.edu.ec](http://www.ups.edu.ec)