

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

 **LA TÉCNICA**
Revista de las Agrociencias



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
MANABÍ
Fundada en 1963

12
VOLUMEN
Núm. 1



ENERO - JUNIO 2022

ECUADOR

Autoridades

 Vicente Félix Véliz Briones, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Rector

 María Hipatia Delgado Demera, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Vicerrectora Académica

Equipo editorial

 María Hipatia Delgado Demera, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Directora de la revista

 Carlos Alfredo Cedeño Palacios, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Editor General

Editores de sección

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

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

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

 Alex Alberto Dueñas Rivadeneira, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agroindustria

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

 Rodolfo Pedroso Sosa, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Producción y salud animal

 Joan Manuel Rodríguez Díaz, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Protección del ambiente



Cuerpo editorial

- iD** Juan Manuel Vera, Blgo.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Acuicultura y pesca
- iD** Jesús Díez Dapeña, PhD.
Universidad de Córdoba, España.
Acuicultura y pesca
- iD** Francisco López Lozano, PhD.
Universidad de Córdoba, España.
Acuicultura y pesca
- iD** Osvaldo Alberto Fosado Téllez, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agricultura y silvicultura
- iD** Carlos Alfredo Salas Macías, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agricultura y silvicultura
- iD** Rolando León Aguilar, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agricultura y silvicultura
- iD** Freddy Zambrano Gaviláñez, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agricultura y silvicultura
- iD** Lenin Oswaldo Vera Montenegro, PhD.
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta, Ecuador.
Agroeconomía
- iD** Frank Intriago Flor, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agroeconomía
- iD** Ulbio Eduardo Alcívar Cedeño, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agroindustria
- iD** Alex Alberto Dueñas Rivadeneira, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agroindustria
- iD** Mario Javier Bonilla Loor, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Agroindustria
- iD** José Guerrero Casado, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Ciencias de la vida
- iD** Gerardo José Cuenca Nevárez, Mg.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Ciencias de la vida
- iD** Edis Macías Rodríguez, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Producción y salud animal
- iD** Marina Dalila Zambrano Aguayo, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Producción y salud animal
- iD** Sixto Leonardo Reyna Gallegos, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Ciencias de la vida
- iD** Yulien Fernández Romay, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Producción y salud animal
- iD** Juan Luis Cedeño Pozo, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Producción y salud animal
- iD** Yordanis Gerardo Puerta de Armas, PhD.
Universidad Centro Panamericano de Estudios Superiores, México.
Protección del ambiente
- iD** William Méndez Mata, PhD.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Protección del ambiente

Consejo editorial

- iD** Rouverson Pereira da Silva, PhD.
Universidad Estatal Paulista de Brasil, Brasil
- iD** Wilson Orlando Pozo Guerrero, PhD.
Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- iD** Débora Simón Baile, PhD.
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador.
- iD** Wilmer Sepúlveda, PhD.
Grupo de Investigación IPER, Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables, Colombia.
- iD** Jorge Simón Pérez de Corcho Fuentes, PhD.
Universidad Central del Ecuador, Ecuador.
- iD** Ángel Guzmán Cedeño, PhD.
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López", Ecuador
- iD** Mayra Beatriz Gómez Patiño, PhD.
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López", Ecuador
- iD** Manuel Dagoberto Acevedo Pérez, PhD.
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba
- iD** Luis Ramón Bravo Sánchez, PhD.
Universidad Estatal Amazónica, Ecuador.
- iD** Alexander Díaz Arias, PhD.
Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- iD** Marta Maria Menezes Bezerra Duarte, PhD
Chemical Engineering Department, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil
- iD** Tomás Díaz Valdés, PhD.
Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa, México.

iD María Herminia Cornejo, PhD.
Universidad Estatal de la Península de Santa Elena, Ecuador.

iD Pedro Antonio Valdés Hernández, PhD.
Universidad Agraria de La Habana, Cuba.

iD Eunice Pérez Sánche, PhD.
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.

iD Matteo Radice, PhD.
Universidad Estatal Amazónica, Ecuador.

iD Yaillet Alberbas, PhD.
Docente-Investigadora, Universidad Central de las Villas, Cuba.

iD Ely Fernando Sacón Vera, PhD.
Escuela Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador.

iD Maria da Conceição Branco da Silva, PhD.
LAQV-REQUIMTE/Departamento de Ciências Químicas, Faculdade de Farmácia, Universidade Do Porto, R. Jorge Viterbo Ferreira, 228, 4050-313, Porto, Portugal.

iD Célia Amorim, PhD.
LAQV-REQUIMTE/Departamento de Ciências Químicas, Faculdade de Farmácia, Universidade Do Porto, R. Jorge Viterbo Ferreira, 228, 4050-313, Porto, Portugal.

iD Lourdes Casas Cardoso, PhD.
Docente-Investigadora, Universidad de Cádiz, Andalucía, España.

iD María Dolores Saquete, PhD.
Instituto Universitario de Ingeniería de los Procesos Químicos, Universidad de Alicante, Alicante, E-03080, Spain.

iD Nuria Boluda-Botella, PhD.
Instituto Universitario de Ingeniería de los Procesos Químicos, Universidad de Alicante, Alicante, E-03080, Spain.

iD Rafael Luque, PhD.
Department of Chemistry, College of Science, King Saud University, P.O. Box 2455, Riyadh, Saudi Arabia.

iD Alina M. Balu, PhD.
Departamento de Química Orgánica, Universidad de Córdoba, Edificio Marie Curie (C-3), Campus de Rabanales, Ctra. Nnal. IV-A, Km 396, E14014, Córdoba, Spain.

iD Luis Ernesto Arteaga, PhD.
Laboratory of Thermal and Catalytic Processes (LPTC), Wood Engineering Department, Faculty of Engineering, Universidad del Bio-Bio, Concepción 4030000, Chile

iD Daniella Carla Napoleão, PhD.
Chemical Engineering Department, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil

Equipo Técnico

iD Carlos Alfredo Cedeño Palacios, PhD.
Departamento de Procesos Químicos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Editor Técnico

iD Ulises Mestre Gómez, PhD.
Facultad de Filosofía, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Editor Técnico

iD Carlos Rivero Torres, Ing.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
Editor Técnico, Web Master OJS



ÍNDICE

ACUICULTURA Y PESCA

Crecimiento de la langosta verde *Panulirus gracilis* (Decapoda:Palinuridae) en Manabí, Ecuador: Aplicación de modelo de simulación de crecimiento

Growth of the green lobster *Panulirus gracilis* (Decapoda:Palinuridae) from Manabi, Ecuador: Application of growth simulation model

Ricardo Castillo, David Mero-del Valle, Juan Figueroa, Dayanara Macías

1-9

AGRICULTURA Y SILVICULTURA

Efecto de las micorrizas en el cultivo de maní en un suelo pardo grisáceo ócrico

Effect of mycorrhizae on peanut cultivation in a grayish-brown ochric soil

Gladia González Ramírez, Carlos Pupo Fera, Yamile Batista Yero, Maricela Pérez Méndez

10-21

Especies arvenses en plantaciones de melina (*Gmelina arborea* Roxb.) en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador

Weed species in melina (*Gmelina arborea* Roxb.) plantations in the province of Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador

José Cedeño Zambrano, Priscila Bautista Zambrano, Edwin Jiménez Romero, John Pinargote Álava, Camilo Mestanza Uquillas, Aurelio Díaz Herraiz

22-31

AGROINDUSTRIA

Estabilidad de néctar mix de pulpa de naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*C. reticulata*) con goma xanthan y cmc

Stability of orange (*Citrus sinensis*) and mandarin (*C. reticulata*) pulp nectar mix with xanthan gum and cmc

Edison Fabian Macías Andrade, Francisco Manuel Demera Lucas, Luisa Ana Zambrano Mendoza, Ely Fernando Sacón-Vera, Julio Vinicio Saltos Solorzano, Byron Antonio Zambrano Mendoza

32-37

Caracterización química de los residuos sólidos procedentes de la elaboración de tres tipos de cerveza artesanal (*stout-negra*, *imperial-rubia*, *guayacán-roja*)

Chemical characterization of solid waste from the production of three types of craft beer (*stout-black*, *imperial- blonde*, *guayacan-red*)

Oscar Luis Torres Barberan, Wagner Antonio Gorozabel Muñoz

38-44

PRODUCCIÓN Y SALUD ANIMAL

Uso de biomasa algal en la elaboración de balanceados para nutrición animal

Use of algal biomass in the production of feed for animal nutrition

Francisco Javier Vásquez García, Ever Dario Morales Avendaño

45-53

Problemas de gobernanza en torno al uso agrícola del suelo y la demanda de agua para riego en la cuenca del río Vinces, Ecuador

Governance problems surrounding agricultural land use and irrigation water demand in the Vinces river basin, Ecuador

José Luis Muñoz Marcillo

54-61

Contenido de metales pesados (Cu, Pb, Ni, Cd) en abonos orgánicos y las materias primas para su elaboración

Heavy metal content (Cu, Pb, Ni, Cd) in organic fertilizers and raw materials for their production

Juan Pablo Dueñas-Rivadeneira, Frank Guillermo Intriago Flor

62-67





Crecimiento de la langosta verde *Panulirus gracilis* (Decapoda:Palinuridae) en Manabí, Ecuador: Aplicación de modelo de simulación de crecimiento

Growth of the green lobster *Panulirus gracilis* (Decapoda:Palinuridae) from Manabí, Ecuador: Application of growth simulation model

Autores

✉ ¹*Ricardo Castillo

✉ ¹David Mero-del Valle

✉ ²Juan Figueroa

✉ ¹Dayanara Macías

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí (ULEAM), Ciudadela Universitaria, Manta, Ecuador.

²Departamento Central de Investigación, Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí (ULEAM), Manta, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Castillo, R., Mero-del Valle, D., Figueroa, J. y Macías, D. (2022). Crecimiento de la langosta verde *Panulirus gracilis* (Decapoda:Palinuridae) en Manabí, Ecuador: Aplicación de modelo de simulación de crecimiento. *La Técnica*, 12(1), 1-9. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i27.3564

Recibido: Octubre 14, 2021

Aceptado: Diciembre 20, 2021

Publicado: Enero 05, 2022

Resumen

La langosta *Panulirus gracilis* es un recurso ampliamente explotado en Ecuador. Por ende, los estudios de crecimiento son indispensables para la conservación y sostenibilidad de la población que se dedica a la producción de este recurso. Se registraron un total de 539 organismos con talla promedio de $72,9 \pm 12,49$ mm de longitud cefalotorácica (LC), siendo el mes de julio la que presentó mayor cantidad de organismos ($n=214$). La longitud cefalotorácica se estimó mayor en machos $LC_{\infty}=129,1$ ($r^2=0,842$) que en hembras $LC_{\infty}=110,6$ ($r^2=0,897$). De la misma forma las constantes de crecimiento fueron $K=0,28$ ($S=1,00$) y $K=0,21$ ($S=0,889$) para machos y hembras, respectivamente. El 90% de la captura estuvo debajo de la talla legal de captura establecida para el recurso. Los machos tuvieron un crecimiento más acelerado que las hembras lo cual les permitió alcanzar longitudes superiores. El modelo para simular el crecimiento presentó una complejidad matemática media-alta; sin embargo, al ser desarrollado en un software su uso y utilidad representa una herramienta adecuada para evaluar el crecimiento en la langosta *P. gracilis* y aportar al desarrollo de medidas de manejo más adecuadas para el recurso.

Palabras clave: *Panulirus gracilis*; simulación de crecimiento; coeficiente de crecimiento.

Abstract

The lobster *Panulirus gracilis* is a widely exploited resource in Ecuador. Therefore, growth studies are essential for the conservation and sustainability of the population that is dedicated to the exploitation of this resource. A total of 539 organisms with an average size of 72.9 ± 12.49 mm cephalothoracic length (CL) were recorded, with the month of July being the month with the highest number of organisms ($n=214$). Cephalothoracic length was estimated to be greater in males $LC_{\infty}=129.1$ ($r^2=0.842$) than in females $LC_{\infty}=110.6$ ($r^2=0.897$). In the same way, the growth constants were $K=0.28$ ($S=1.00$) and $K=0.21$ ($S=0.889$) for males and females, respectively. The 90% of the catch was below the legal catch size established for the resource. Males have a faster growth than females which allows them to reach greater lengths. The model to simulate growth presented a medium-high mathematical complexity, however, being developed in software, its use and usefulness represents an adequate tool to evaluate growth in the lobster *P. gracilis* and contribute to the development of more efficient management measures. suitable for the resource.

Keywords: *Panulirus gracilis*; growth simulation; growth rate.



Introducción

La pesca en Ecuador desde sus inicios se ha considerado como una actividad que ofrece recursos ilimitados; no obstante, en las últimas décadas se han evidenciado de forma más acentuada la disminución de los recursos marinos, problema causado principalmente por su sobreexplotación y la falta de políticas con bases científicas sólidas enfocadas al manejo sustentable de estos recursos (Figueroa y Mero, 2013; Instituto de Investigaciones Marinas (NAZCA), 2014).

La langosta *Panulirus gracilis* (Streets, 1871) en la costa continental del Ecuador ha representado una fuente importante de ingresos económicos para los pescadores artesanales desde los inicios de su pesquería (Villón et al., 2000). Sin embargo, periódicamente se ha evidenciado la disminución de las poblaciones de este recurso (Loesch y López, 1966; Cun y Campos, 1993; Villón et al., 2000). A pesar de que la explotación de *P. gracilis* en la costa continental del Ecuador es artesanal, y la ejercen poblaciones de bajos ingresos y nivel educativo (Castillo et al., 2013), este recurso ha sido afectado significativamente, como lo muestran las últimas publicaciones en las cuales evidencian que más del 90% de la captura de *P. gracilis* se encuentra por debajo de la talla legal (26 cm de longitud total (LT)) (Acuerdo ministerial n°. 182) en Santa Elena (Murillo et al., 2013), en Manabí (Castillo et al., 2013) y en Esmeraldas (Castleberry y Riebensahm, 2011).

Dada la contribución que ofrece la pesca a la alimentación, empleo y desarrollo de los pueblos, la conservación y el uso sustentable del recurso langosta *P. gracilis* en la costa continental de Ecuador, toma mayor importancia.

En este sentido, para el manejo adecuado de los recursos pesqueros, un pilar fundamental son los estudios de crecimiento, incluso necesarios para realizar otros tipos de estudios como análisis de población virtual (APV) y cohortes (Zetina y Ríos, 2000). Pauly y David (1981) describieron el crecimiento como el incremento anual en talla o peso que tiene una especie; junto a ello existe una amplia diversidad de métodos para estudiar el crecimiento en peces, aunque estos se encuentran basados principalmente en el análisis de estructuras duras como los otolitos (Gulland y Rosenberg, 1992). En los crustáceos la estimación del crecimiento es un proceso más complejo, pues estos organismos no cuentan con este tipo de estructuras duras que permitan determinar la edad en función de su talla (Brown y Caputi, 1985).

Diferentes métodos han sido desarrollados para modelar el crecimiento de los crustáceos: modelos de crecimiento continuos, modelos de crecimiento continuos por temporada,

análisis de frecuencia de tallas, modelos de muda en procesos continuos, modelos de incremento por muda y modelos de periodos de intermuda (Yi-Jay et al., 2012). Entre ellos se destacan los modelos que analizaron los procesos de muda e intermuda a partir de experimentos de marcaje y recaptura, los cuales fueron considerados como los más idóneos y precisos (Briones y Lozano, 2003; Ramírez et al., 2010). Sin embargo, los experimentos de marcaje y recaptura requieren de gran esfuerzo y amplio presupuesto, además de presentar porcentajes bajos de recapturas (Wlnstanley, 1976; Briones y Lozano, 2003; González et al., 2009).

Estos problemas de logística que acarrear los experimentos de marcaje y recaptura han determinado la necesidad de utilizar modelos para la estimación de crecimiento más accesibles e igual de precisos; en este sentido, los modelos a partir de las frecuencias de tallas como el propuesto por Gulland y Rosenberg (1992) tomando ventaja, y aunque se basaron en modelos continuos como el de von Bertalanffy (1934), se ha determinado que estiman adecuadamente los índices de crecimiento de la langosta *P. gracilis*, aun cuando la presentación continua del crecimiento para un crustáceo no sea la adecuada (Naranjo, 2011, Castillo et al., 2013).

Respondiendo a estas necesidades se desarrolló una aplicación estadística denominada “Modelo de simulación de crecimiento de Langosta” (Castillo et al., 2014a), herramienta que permite modelar el crecimiento escalonado que presentan las langostas, mediante el ingreso de los parámetros de crecimiento obtenidos previamente.

Por lo mencionado anteriormente, el objetivo de este estudio fue estimar los parámetros de crecimiento de la langosta verde *P. gracilis* y representarlo mediante un modelo que simula el crecimiento escalonado de la langosta *P. gracilis* con el fin de determinar su efectividad, y presentar información útil dirigida a la evaluación y manejo adecuado del recurso.

Metodología

Este estudio se realizó en el desembarcadero “Playita Mía” en la playa de Tarqui, perteneciente a la ciudad de Manta, provincia de Manabí, Ecuador. “Playita Mía” es el mayor centro de acopio de pesca en la ciudad, donde se comercializa varios productos pesqueros provenientes principalmente del sur de la provincia (Puerto Cayo, Machalilla, Puerto López y Salango) (figura 1).

Al no contar con una flota pesquera dedicada exclusivamente a la extracción de langosta, el mercado local cubre su demanda con producto capturado en otras caletas pesqueras de la provincia de Manabí, es así, que el mayor porcentaje de langosta verde *P. gracilis* que se comercializa en Playita Mía proviene del sur

de la provincia, de sectores como Puerto López, Puerto Cayo, Machalilla y Salango.



Figura 1. Área de estudio y ubicación de las caletas pesqueras, señaladas con puntos.

Recolección de la muestra

La frecuencia de monitoreo fue diaria entre los meses de junio a noviembre de 2013, durante la temporada de pesca 2013-2014. Las langostas monitoreadas fueron clasificadas por sexo, de acuerdo con sus características externas de dimorfismo sexual, y se midió la longitud cefalotorácica (LC) a partir de la escotadura entre los cuernos supraorbitales hasta el extremo posterior del cefalotórax. Las medidas se tomaron utilizando un calibrador vernier (precisión $\pm 0,01$ mm) y los valores fueron expresados en milímetros (mm). Los organismos fueron clasificados por rango de tallas de 5 mm.

Los análisis estadísticos se realizaron en el software INFOSTAT 11 (Di Rienzo et al., 2012). Se utilizaron histogramas de distribución de frecuencias y análisis de varianza (ANOVA) de una vía para determinar posibles diferencias entre los promedios de longitud cefalotorácica (LC) por sexo mediante la prueba de Tukey.

Crecimiento

Para la estimación de los parámetros de crecimiento se utilizaron diferentes metodologías para determinar qué resultados se ajustaron más a la realidad biológica del recurso. Los análisis se realizaron por separado para machos y hembras.

La longitud asíntota de un crustáceo, que representa la longitud máxima que alcanzó la especie, puede ser complicada de estimar, por ende, se usó el procedimiento descrito por Hearn (2002-2004), el cual permitió obtener varias aproximaciones.

Se obtuvo longitudes cefalotorácicas asíntotas (LC_{∞}) preliminares, a través del método descrito por Pauly (1983) y el método propuesto por Hearn (2001). El modelo de Pauly (1983) calculó la longitud asíntota a partir de la consideración del organismo de mayor talla, así se tiene que:

$$LC_{\infty} = LC_{\max}/0,95.$$

Hearn (2001) sugirió ajustar el método de Pauly (1983) utilizando el promedio de los cinco organismos más grandes como longitud cefalotorácica máxima ($LC_{\max}$).

Teniendo como referencias las aproximaciones obtenidas con los métodos de Pauly (1983) y Hearn (2001) se calculó la LC_{∞} con el método de Powell-Wetherall (1987) presente en la sub-rutina del programa FISAT II (Gayanilo et al., 2005). La LC_{∞} se obtuvo a partir de la regresión:

$$(L-L') = a + b \cdot L'$$

Dónde:

$$LC_{\infty} = -a/b.$$

$$Z/K = -(1+b)/b.$$

Para estimar el coeficiente de crecimiento (K) se aplicó el método SLCA (Shepherd, 1987) el cual se basa en una función de coseno:

$$K = \frac{\sin \pi(t_{\min} - t_{\max})}{\pi(t_{\min} - t_{\max})} \cos 2\pi(t_{\text{prom}} - t_s)$$

Dónde, $t_{\max}$: edad máxima (límite superior), $t_{\min}$: edad mínima (límite inferior), t_{prom} : edad promedio, t_s : fracción de tiempo en un año.

Modelación de crecimiento

El crecimiento escalonado se representó mediante la aplicación Modelo de simulación de crecimiento de Langosta (Castillo et al., 2014a), el cual permitió modelar el crecimiento escalonado de la langosta entre mudas o entre periodos a través de una función logística (Cobo, 2013):

$$L_i(t) = a_i + \frac{b_i}{1 + e^{-c_i(t-w_i)}}$$

Dónde: a_i , b_i y c_i fueron parámetros calculados por el software, w_i : punto medio del intervalo.

A partir de esta función logística se estableció un modelo global que representó el crecimiento de la langosta *P. gracilis*, el cual une los periodos de crecimiento por nodos de interpolación calculados a partir del modelo de von Bertalanffy (1934):

$$(t_i, z_i) \text{ para } i = 0, 1, \dots, n+1, \quad \text{siendo } z_i = \begin{cases} vb(t_i) & \text{para } i = 0, 1, \dots, n \\ L_{\infty} & \text{para } i = n+1 \end{cases}$$

Resultados

Estructura poblacional

Se examinó un total de 539 organismos (260 machos y 279 hembras) con talla promedio de $72,90 \pm 12,49$ mm LC (tabla 1). Comparando las medias de tallas entre machos y hembras se comprobó que no hubo diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P = 0,1281$).

Se evidenció la presencia de un elevado porcentaje (99%) de organismos que no contaron con la talla mínima legal de captura

(260 mm de LT o 103 mm de LC). La mayor parte de la captura se concentró entre el rango de tallas de 650 a 790 mm de LC (figura 2).

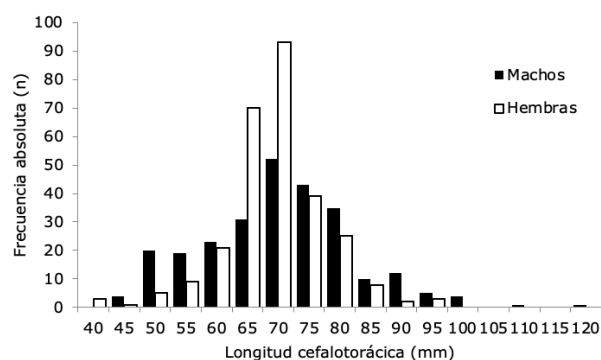


Figura 2. Frecuencia por clase de talla de *P. gracilis* de junio a noviembre de 2013 en el sur de Manabí.

Crecimiento

Los resultados obtenidos a través de las diferentes metodologías para estimar las LC_{∞} determinaron que los machos alcanzan una LC_{∞} superior a las hembras en todos los casos. Sin embargo, los resultados de LC_{∞} obtenidos por el método de Powel-Wetherall (1987) (129,1 mm ($r^2=0,842$), 110,6 mm ($r^2=0,897$)) para machos y hembras, respectivamente, se ajustaron más a la realidad biológica de la especie y se utilizaron para modelar el crecimiento (tabla 2).

Tabla 1. Ejemplares machos y hembras de *P. gracilis* e intervalo de tallas, media y desviación estándar mensuales. Temporadas de pesca 2013-2014 en el sur de Manabí.

Mes	Sexo	N	LC (mm) $\pm$ DE	Rango LC (mm)
Junio	Machos	56	78,90 $\pm$ 8,17	61,70-112,70
	Hembras	36	75,60 $\pm$ 5,26	63,10-84,20
Julio	Machos	85	78,00 $\pm$ 9,89	58,30-124,30
	Hembras	129	72,34 $\pm$ 5,47	59,50-98,90
Agosto	Machos	22	76,70 $\pm$ 11,76	63,70-104,40
	Hembras	36	71,90 $\pm$ 7,27	61,00-88,20
Septiembre	Machos	44	58,90 $\pm$ 9,44	45,40-77,20
	Hembras	29	62,09 $\pm$ 10,44	42,00-75,50
Octubre	Machos	36	68,80 $\pm$ 11,16	51,50-102,70
	Hembras	35	70,80 $\pm$ 11,09	50,00-99,20
Noviembre	Machos	17	67,70 $\pm$ 13,26	53,00-96,00
	Hembras	14	73,80 $\pm$ 8,47	59,80-88,00
Total	Machos	260	72,90 $\pm$ 12,49	45,40-124,30
	Hembras	279	71,52 $\pm$ 8,90	42,00-99,20

Tabla 2. Parámetros de crecimiento de *P. gracilis* en el sur de Manabí durante la temporada 2013-2014.

Método	Sexo	Parámetro de crecimiento	Resultado (r^2/S)
Pauly (1983)	Macho	LC_{∞}	130,84
Pauly (1983)	Hembra	LC_{∞}	104,42
Hearn (2001)	Macho	LC_{∞}	115,18
Hearn (2001)	Hembra	LC_{∞}	100,04
Powel-Wetherall (1987)	Macho	LC_{∞}	129,1 ($r^2=0,842$)
Powel-Wetherall (1987)	Hembra	LC_{∞}	110,6 ($r^2=0,897$)
Shepherd (1987)	Macho	K	0,28 ($S=1,00$)
Shepherd (1987)	Hembra	K	0,21 ($S=0,889$)

De la misma forma, el coeficiente de crecimiento también fue superior en machos con relación a las hembras, indicando que los machos presentaron una tasa de crecimiento superior a la de las hembras. Las puntuaciones S fueron de 1,00 y 0,889 para machos y hembras, respectivamente.

El modelo de crecimiento empleado grafica el crecimiento escalonado de la langosta *P. gracilis*, demostrando también que a la edad de 1 año, se observó una diferencia de tallas entre machos y hembras; es decir, que a una misma edad los machos tuvieron una mayor talla. El crecimiento acelerado en los machos se pronunció más durante su etapa de vida, hasta alcanzar unos 20 mm LC más que las hembras (figura 3).

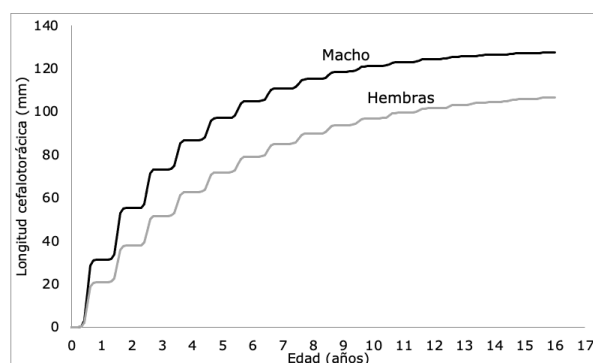


Figura 3. Crecimiento escalonado en *P. gracilis* para machos ($LC_{\infty}=129,1$; $K=0,28$) y hembras ($LC_{\infty}=110,6$; $K=0,21$) en el sur de Manabí.

El modelo mostró un escalonamiento anual, que se entendió como un proceso de muda al año. No obstante, el software permitió ingresar el número de mudas por años si se cuenta con esa información o si se aplican otras metodologías para estimación de crecimiento.

Discusión

Estructura de las tallas

Los resultados del presente estudio mostraron tallas medias superiores a los 70 mm de LC en contraste con lo publicado por Castillo et al. (2014b), quienes presentaron tallas medias inferiores a los 60 mm de LC en Jaramijó (centro de la provincia de Manabí). No obstante, la mayor parte de los organismos no alcanzaron la talla legal definida para la captura de langostas en la costa continental de Ecuador (260 mm de LT o 130 mm de LC). Este fenómeno se pudo observar en toda la costa continental de Ecuador (Castleberry y Riebensahm, 2011; Castillo et al., 2013; 2014b; Figueroa y Mero, 2013; Murillo et al., 2013) y demostró que la situación problemática de la pesquería de la langosta *P. gracilis* fue similar en esta región del Pacífico Oriental, y de acuerdo con Vega et al. (2013) esto fue un efecto que estuvo directamente relacionado con la intensa actividad extractiva.

Se evidenció una elevada cantidad de organismos juveniles en las capturas; es decir, organismos que no alcanzaron la talla de reproducción. Esto también ha sido reportado en otras zonas de Ecuador (Castleberry y Riebensahm, 2011; Figueroa y Mero, 2013; Murillo et al., 2013), inclusive a nivel regional a lo largo de toda la zona de distribución de la especie como lo indicaron Velázquez y Gutiérrez (2006) en Nicaragua; Arzola et al. (2007) en México; Ordinola et al. (2007) en Perú; Salazar (2007) en El Salvador; Naranjo (2011) en Costa Rica; Pérez (2011) en México; Vega et al. (2013) en Panamá. La captura de organismos juveniles reveló un preocupante escenario respecto a la conservación del recurso en toda su zona de distribución, ya que no se está permitiendo que los organismos alcancen a reproducirse y aporten con nuevos individuos a la población, a este fenómeno se le ha denominado sobrepesca de crecimiento (Naranjo, 2011; Murillo et al., 2013).

Crecimiento

El análisis de crecimiento mostró que los machos alcanzaron una longitud cefalotorácica asintótica superior a las hembras. Las LC_{∞} obtenidas en este estudio se encontraron por debajo de las longitudes asintóticas estimadas por Castillo et al. (2013) y Naranjo (2011) para *P. gracilis*. De acuerdo con la naturaleza de los datos y de los modelos aplicados para determinar la LC_{∞} , la talla máxima observada es un factor determinante. Por ende, el hecho de encontrar organismos de tallas máximas inferiores a las encontradas por Castillo et al. (2013) y Naranjo (2011) determinaron la estimación de LC_{∞} inferiores.

De esta forma se demostró una limitante de los métodos utilizados para estimar longitudes asintóticas (longitud máxima que alcanza una especie), ya que si se toma como referencia la longitud máxima reportada para la especie que fue de 165 mm de LC (Fischer et al., 1995) hubo una importante diferencia. Sin embargo, varios factores pueden determinar o explicar las longitudes asintóticas obtenidas en este estudio: 1) Zonas de pesca poco profundas donde el mayor porcentaje de la población fueron juveniles (Lyon, 1981). 2) La actual legislación que ha

dirigido la pesquería hacia este sector de la población de mayores tallas. 3) La intensa presión de pesca sobre este sector de la población (Naranjo, 2011). Entonces no se puede concluir que este recurso no logró alcanzar longitudes superiores en la zona de estudio, sino más bien, que hubo diversos factores por los cuales probablemente no se ha logrado obtener organismos de tallas mayores a las muestreadas.

Respecto a los coeficientes de crecimiento los machos presentaron un crecimiento más acelerado que las hembras. De acuerdo con Briones y Lozano (2003) este crecimiento mayor en machos respondió a que las hembras intercalaron eventos de muda con eventos de crecimiento o que los machos necesitaron menos energía en la producción de gametos que las hembras en la producción de huevos (Herrkind y Lipcus, 1989). Sin embargo, estas afirmaciones solo explicaron las diferencias entre los coeficientes de crecimiento una vez que las hembras empezaron a reproducirse. Pitcher (1993) estableció que para que la reproducción fuera efectiva entre langostas espinosas, el macho debe tener una talla superior a la de las hembras, siendo esta característica biológica lo que permitió que los organismos de una misma cohorte pudieran reproducirse, es decir, que a una misma edad los machos deben tener tallas superiores que las hembras para que la reproducción pueda ser efectiva.

Normalmente los coeficientes de crecimiento calculados para *P. gracilis* se han considerado como elevados en comparación con otras publicaciones (Naranjo, 2001; Castillo et al., 2013). Briones y Lozano (2003) encontraron diferencias significativas entre el crecimiento de *P. gracilis* y *P. inflatus*, siendo esta primera quien exhibió un incremento de 0,91 mm de LC por semana; 0,42 mm más que el incremento de talla que presentó por semana *P. inflatus*, lo que permitió deducir que *P. gracilis* fue una especie que tuvo un crecimiento más rápido que otras especies del mismo género y que estos índices no fueron resultado de adaptaciones biológicas de la especie frente a la intensa explotación, sino más bien, características propias de la especie.

Otro estudio realizado en *P. gracilis* en La Unión, El Salvador determinó un coeficiente de crecimiento aún mayor (1,76) (Salazar, 2012). Este desproporcionado K se puede explicar fácilmente observando la población de langostas que se estudió, la cual estuvo compuesta por juveniles con tallas, que, en su mayor porcentaje, oscilaron entre los 43-46 mm de LC. Los hallazgos de Ehrhardt (2008) en su estudio realizado en *P. argus*, demostraron que el crecimiento en etapas juveniles fue más acelerado que en organismos superiores a los 70 mm LC.

Los resultados obtenidos mostraron coeficientes de crecimiento ($K=0,28$ para machos y $K=0,21$ para hembras) que se asemejaron a los reportados para otras especies de langostas del género *Panulirus*, así lo demostró Hearn y Murillo (2008) en *P. penicillatus*, Barnutty (2000), de León et al. (2008) y Sosa y Ramírez (2010) en *P. argus*.



Modelación de crecimiento

Dada las características biológicas de los crustáceos la modelación de su crecimiento ha sido difícil de estimar por dos causas principales: (1) todas las partes duras que podrían ser utilizadas para estimar la edad se pierden en cada muda, y (2) el crecimiento es discontinuo, es decir, se producen de una manera “paso a paso” (Yi-Jay et al., 2012). Por ende, se ha determinado que la forma más idónea para superar estos problemas ha sido estudiar el crecimiento de los crustáceos mediante el marcaje y la recaptura (Campbell y Phillips, 1972); sin embargo, por la dificultad logística y económica que representó este tipo de estudios, algunos expertos como Gulland y Rosenberg (1992) desarrollaron métodos basados en el análisis de frecuencias de tallas, los cuales no necesitan una gran cantidad de recursos económicos debido a la facilidad que brinda para el muestreo y recolección de datos, pero que de acuerdo con Cruz (2000) y Fonteles-Filho (2000), para que estos métodos sean efectivos, se considera necesario el registro de información de mínimo 200 a 250 organismos.

Actualmente para modelar el crecimiento de los crustáceos se han desarrollado diversos métodos, que van desde la estimación simple del índice o tasa de crecimiento durante un tiempo o periodo definido, hasta funciones matemáticas y modelos probabilísticos que tratan de determinar cómo cambian en tamaño los organismos durante su tiempo de vida (Yi-Jay et al., 2012). Estos métodos para modelar el crecimiento de los crustáceos difirieron uno de otros por su complejidad matemática y requerimiento de datos, pero sobre todo por la realidad biológica que representaron sus resultados (Yi-Jay et al., 2012).

Yi-Jay et al. (2012) realizaron una revisión de los principales métodos cuantitativos utilizados en el modelamiento del crecimiento de los crustáceos y analizaron la viabilidad de estos métodos para modelar la influencia de los efectos bióticos y abióticos en el crecimiento de los crustáceos, además de la complejidad matemática y estadística (tabla 3). Del estudio en mención se destacaron como los métodos más efectivos respecto al nivel de realidad biológica: (1) los métodos estocásticos (MPM), desarrollados a partir de la técnica de Monte Carlo por Chen y Kennelly (1999), (2) métodos dependientes de la temperatura, por su influencia en el crecimiento de los crustáceos (Hartnoll, 2001), y (3) los métodos basados en matrices de transición de tamaño, que describieron el crecimiento de los organismos por cada clase de talla (Punt y Kennedy, 1997). Sin embargo, estos métodos requieren de una gran cantidad de datos que pueden presentarse como alta dificultad para el estudio de crecimiento de crustáceos en países donde no se cuentan con la infraestructura, economía y personal preparado para la evaluación y manejo de este tipo de recursos.

El modelo de simulación de crecimiento de la langosta verde *P. gracilis* (Castillo et al., 2014a) utilizado en el presente estudio, manejó una combinación de funciones, cómo métodos el análisis de frecuencia de talla y un modelo de crecimiento continuo (Von Bertalanffy, 1934) al cual se aplicaron funciones logísticas para modelar el crecimiento escalonado de la langosta *P. gracilis* (Cobo, 2013).

Tabla 3. Diferencias en la complejidad de los métodos en describir el crecimiento de crustáceos.

Método	Nivel de requerimiento de datos	Complejidad matemática	Complejidad estadística	Nivel de realidad biológica
Tasa de crecimiento simple	Bajo	Función simple	No hay estimación estadística	Bajo (media de crecimiento de parte de etapas del ciclo vital)
Modelo de crecimiento continuo (CGM)/ estacional CGM	Medio	Función simple	Estimación lineal y no lineal, rejilla de búsqueda	Media o alta (estacional) para promedios de crecimientos individuales, bajo para individual
GROTAG	Medio	Combinación de funciones	Estimación de máxima verosimilitud	Media para promedios de crecimientos individuales, bajo para individual
Análisis de frecuencias de tallas	Bajo	Combinación de funciones	Método gráfico, la estimación de máxima verosimilitud, estimación no paramétrica	Media para promedios de crecimientos individuales, bajo para individual
Modelo de muda en proceso (MPM)	Medio	Combinación de funciones	Estimaciones lineales y no lineales	Media para promedios de crecimientos individuales, bajo para individual
Estocástico (MPM)	Medio	Combinación de funciones	Estimaciones lineales y no lineales; Las simulaciones estocásticas	Alta para promedios de crecimientos individuales, alta para individual
Dependiente de la temperatura (MPM)	Alto	Combinación de funciones	Estimaciones lineales y no lineales	Alta para promedios de crecimientos individuales, alta para individual
Matriz de transición de tamaño	Medio	Combinación de funciones	Estimación de máxima verosimilitud	Alta para promedios de crecimientos individuales, alta para individual

Esta combinación de funciones representó que este modelo tuvo una complejidad matemática media a alta, pero que se resumió en una aplicación de fácil acceso y uso. Además, la mencionada herramienta necesita un nivel de requerimiento de datos bajo y de fácil obtención, útil para estudios de crecimiento de langostas en regiones donde el desarrollo de este tipo de trabajos es indispensable para lograr el manejo adecuado de este recurso y donde las investigaciones pesqueras son insuficientes.

Conclusiones

El estudio demuestra que las poblaciones de langostas *Panulirus gracilis* se están viendo afectadas por la excesiva presión pesquera, lo cual se ve reflejado en las tallas de captura que se encuentran por debajo de lo legal. Como resultado, los índices de crecimiento se muestran elevados en comparación con otros estudios principalmente por la población que se evaluó (juveniles).

El crecimiento fue mayor en machos que en hembras, evento común en todas las langostas de este género. El modelo de crecimiento aplicado demuestra ser efectivo y útil para el propósito de estudio de este recurso y de gestión pesquera, principalmente en países donde los recursos para la ordenación pesquera son escasos.

Conflicto de intereses

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

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a Bryan Benavides y Antonella Alcívar (estudiantes auxiliares de investigación) que colaboraron en la obtención de la información. Este estudio fue financiado por la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Referencias bibliográficas

- Arzola, J., Flores, L., Ortiz, M. y Gutiérrez, Y. (2007). Captura y aspectos reproductivos de la pesquería de las langostas *Panulirus inflatus* y *P. gracilis* (Crustacea: Decapoda) en el sur de Sinaloa, México. *Ciencia y Mar*, 11(31), 15-22. doi: 10.4067/S0718-195720080001 00013
- Briones, P. y Lozano, E. (2003). Factors affecting growth of the spiny lobsters *Panulirus gracilis* and *Panulirus inflatus* (Decapoda: Palinuridae) in Guerrero, México. *Revista de Biología Tropical*, 51(1), 165-174. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442003000100013&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Brown, R. y Caputi, L. (1985). Factor affecting the growth of undersize western rock lobster. *Fisheries Research*, 2(2), 103-128. <https://spo.nmfs.noaa.gov/sites/default/files/pdf-content/1985/834/brown.pdf>
- Campbell, N.A., y Phillips, B.F. (1972). von Bertalanffy growth curve and its application to capture-recapture data in fisheries biology. *ICES Journal of Marine Science*, 34, 295-299. doi: 10.1093/icesjms/34.2.295
- Castillo, R., Figueroa, J., Mero, D. y Erazo, C. (2013). Langosta verde *Panulirus gracilis*: Avances en estudios biológicos y ecológicos para la construcción de estrategias de conservación y manejo. *Revista Científica Hippocampus: Colección Recursos Marinos*, 2, 4-35. <https://www.academia.edu/27714791/>
- Hippocampus_Revista_Científica_Langosta_verde_Panulirus_gracilis_Un_recurso_que_debemos_investigar_para_preservar_Colección_B3n_Recursos_marinos_N_1_Manta_Ecuador
- Castillo, R., Figueroa, J., Mero, D. y Erazo, C. (2014a). *Modelo de simulación de crecimiento de la langosta verde Panulirus gracilis*. EC
- Castillo, R., Figueroa, J., Mero, D. y Erazo, C. (2014b). *Informe técnico: Estrategias de Conservación y Manejo del Recurso Pesquero Langosta Panulirus gracilis en Manta y Jaramijó*. Manta, Ecuador: Departamento Central de Investigación, Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí.
- Castleberry, C. y Riebensahm, D. (2011). *Value chain analysis of the main artisanal fisheries in the Galera-San Francisco Marine Reserve*. Esmeraldas, Ecuador: NAZCA Institute for Marine Research.
- Chen, Y. y Kennelly, J. (1999). Growth of spanner crabs, *Ranina ranina*, off the east coast of Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 50, 319-325. doi: 10.1071/MF98023
- Cobo, A. (2013). *Modelos de crecimiento de la langosta. Manta, Ecuador: Departamento Central de Investigación, Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Programa Prometeo*.
- Cruz, R. (2000). *Variabilidad del reclutamiento y pronóstico de la pesquería de langosta (Panulirus argus, Latreille 1804) en Cuba*. (Tesis de doctorado), Universidad de La Habana, La Habana, Cuba.
- Cun, M. y Campos, J. (1993). *Boletín Científico Técnico: Estudio de las capturas comerciales de Panulirus gracilis (langosta verde) del noreste del golfo de Guayaquil (1970-1979)*. Guayaquil, Ecuador: Instituto Nacional de Pesca.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G. y González, L. (2012). *Infostat (versión 2012)*. Windows. Córdoba, Argentina: Grupo Infostat, Universidad Nacional de Córdoba.
- Ehrhardt, N. (2008). Estimating growth of the Florida spiny lobster, *Panulirus argus*, from molt frequency and size increment data derived from tag and recapture experiments. *Fisheries Research*, 93, 332-337. doi: 10.1016/j.fishres.2008.06.008
- Figueroa, J. y Mero, D. (2013). Talla de captura y reproducción de la langosta verde *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) en la costa de Manabí, Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 61(3), 1189-1199. doi: 10.15517/rbt.v61i3.11924
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E. y Niem, V.H. (1995). *Guía FAO para la identificación*



- de especies para fines de pesca. Pacífico centro oriental. Volumen I. Plantas e Invertebrados. Roma, Italia: FAO.
- Fonteles-Filho, A. (2000). State of the lobster fishery in north-east Brazil. In: Phillips B & J Kittaka (Eds). *Spiny lobster: Fisheries and culture*. Oxford, Inglaterra: Fishing News Books.
- Gayanilo, F., Sparre, P. y Pauly, D. (2005). *User's guide Stock assessment tools II (Fisat II)*. Computerized Information Series (Fisheries). Roma, Italia: FAO/ICLARM.
- González, L., Díaz, D., Mallol, S. y Goñi, R. (2009). Double tagging experiments and tag loss in *Palinurus elephas*. *Lobsters Newsletter*, 22(1), 6-8.
- Gulland, J. y Rosenberg, A. (1992). *Documento Técnico de Pesca 323: A review of length-based approaches to assessing fish stocks*. Roma, Italia: FAO.
- Hartnoll, R.G. (2001). Growth in crustacea: twenty years on. *Hydrobiologia*, 449, 111-122. doi: 10.1023/A:1017597104367
- Hearn, A. (2001). *The biology and fishery of the velvet swimming crab (Necora puber) in the Orkney Islands UK*. (Tesis de doctorado). Heriot-Watt University, Edinburgh, Escocia.
- Hearn, A. (2002-2004). *Informe Final: Evaluación de las poblaciones de langosta en la reserva marina de Galápagos. Galápagos, Ecuador*: Charles Darwin.
- Herrkind, W. y Lipcius, R. (1989). Habitat use and population biology of Bahamian spiny lobster. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 39, 265-278.
- León de, M., Puga, R. & Piñeiro, R. (2008). *Informe Técnico: Parámetros poblacionales de la langosta común del caribe (P. argus): su relación con la variabilidad ambiental*. La Habana, Cuba: Centro de Investigaciones Pesqueras.
- Loesch, H. y López, E. (1966). *Boletín Científico Técnico: Observaciones sobre la langosta de la costa del Ecuador. Guayaquil, Ecuador*: Instituto Nacional de Pesca.
- Lyon, W. (1981). *The spiny lobster, Panulirus argus, in the middle and upper Florida Keys: population structure, seasonal dynamics, and reproduction*. Florida, Estados Unidos: Florida Department of Natural Resources. Marine Research Laboratory
- Murillo, J., Oviedo, M., Loo, A. y Candell, J. (2013). Estado del recurso langosta verde *Panulirus gracilis*, y percepción de los pescadores sobre las pesquerías de Antoncito, provincia de Santa Elena. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Centro de Investigaciones Marinas-CIBMA, 1(29), 1-26. doi.org/10.26423/rctu.v1i2.19
- Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización y Pesca. (2001). *Acuerdo Ministerial N°. 182*. Ecuador. Subsecretaría de Recursos Pesqueros.
- Naranjo, H. (2011). Biología pesquera de la langosta *Panulirus gracilis* en playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 59(2), 619-633. doi: 10.15517/RBT.V0I0.3128
- NAZCA. (2014). *Pesquerías: Instituto de Investigaciones Marinas*. <https://institutonazca.org/es/>
- Ordinola, E., Alemán, S., Vera, M., Inga, C. y Llanos, J. (2007). *Boletín Técnico: Algunos aspectos biológicos-pesqueros de la langosta verde Panulirus gracilis (DECAPODA: PALINURIDAE) en la región de Tumbes*. Tumbes, Perú. IMARPE.
- Pauly, D. y David, J. (1981). Elefan I, a basic program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. *Meeresforschung*, 28, 205-211.
- Pauly, D. (1983). *FAO Documento Técnico de Pesca: Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales*. Roma, Italia: FAO.
- Pérez, R. (2011). Catch composition of the spiny lobster *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) off the western coast of Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 39(2), 225-235. doi.org/10.3856/vol39-issue2-fulltext-4
- Pitcher, R. (1993). Spiny lobster. pp. 539-608. En: Wright & Hill A (Eds.). *Nearshore marine resources of the South Pacific*. Suva, Fiji: Institute of Pacific Studies. Forum Fisheries Agency and Halifax. International Centre for Ocean Development.
- Punt, A. y Kennedy, B. (1997). Population modelling of Tasmanian rock lobster, *Jasus edwardsii*, resources. *Marine and Freshwater Research*, 48, 967-980. doi.org/10.1071/mf97070
- Ramírez, E., Ríos V., Lozano, E., Aguilar-Cardozo, C., Escobedo, G.F., Figueroa-Paz, F., Sosa-Mendicuti, V. & Martínez-Aguilar, J.D. (2010). Estimación de crecimiento, movimientos y prevalencia de pavl en juveniles de langosta *Panulirus argus* en la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro (Quintana Roo, México) a partir de datos de marcado-recaptura. *Ciencia Pesquera*, 1(1), 51-66.

- Salazar, L. (2007). *Informe Técnico: Evaluación preliminar de la langosta verde (Panulirus gracilis)*. La Unión, El Salvador: Proyecto GCP/RLA/150/SWE FIINPESCA.
- Salazar, L. (2012). *Informe Técnico: Evaluación de aspectos biológico-pesqueros de las poblaciones de Langosta (Panulirus gracilis), en la zona costero marina de La Unión, El Salvador*. La Unión, El Salvador: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Pesca y Acuicultura (CENDEPESCA).
- Sosa, E. y Ramírez, A. (2010). *Evaluación del recurso langosta Panulirus argus en la plataforma de Honduras y Nicaragua, a partir de datos del programa de observadores colectados en dos temporadas 2007-2008; 2009-2010*. Quintana Roo, México: El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal.
- Vega, A, Robles, Y. y Gil, D. (2013). Biología y pesquería de *Panulirus gracilis* (Streets, 1871) (Decapoda: Palinuridae) en el Pacífico Occidental de Panamá. *Revista de Ciencias Marinas y Costeras*, 5, 9-24. doi.org/10.15359/revmar.5.1
- Velázquez, J., Villalejo, M. y Tripp, A. (2010). Fecundidad y proporción de sexos de *Panulirus inflatus* en la costa occidental del Golfo de California, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45(1), 71-76. doi:10.4067/S0718-19572010000100006
- Villón, C, Cedeño, I., Correo, J. y Peralta, M. (2000). *Informe Técnico. Situación actual del recurso langosta (Panulirus gracilis) en la costa continental ecuatoriana: opciones de manejo para la pesquería*. Guayaquil, Ecuador: Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil.
- Wlstanley, R. (1976). *Marking and tagging of the Southern rock lobster Jasus novaehollandiae Holthius off Tasmania*. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 10(2), 355-362.
- Yi-Jay C., Chi-Lu, S. y Yong, C. (2012). Modelling the growth of crustacean species. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 22, 157-187. doi:10.1007/s11160-011-9228-4
- Zetina, C. y Ríos, V. (2000). Modelos de crecimiento de langosta espinosa (*Panulirus argus*) y un método para calcular la edad. *Ciencia Pesquera*, 14, 57-61.

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Ricardo Castillo	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
David Mero-del Valle	Participó en la preparación y edición del manuscrito, corrección de estilo.
Juan Figueroa	Interpretación de los datos y revisión del contenido del manuscrito.
Dayanara Macías	Análisis de datos y corrección de estilo.





Efecto de las micorrizas en el cultivo de maní en un suelo pardo grisáceo ócrico

Effect of mycorrhizae on peanut cultivation in a grayish-brown ochric soil

Autores

✉ ^{1*}Gladia González Ramírez

✉ ¹Carlos Pupo Fera

✉ ¹Yamile Batista Yero

✉ ¹Maricela Pérez Méndez

¹Facultad de Ciencias Técnicas y Agropecuarias, Universidad de Las Tunas. Cuba.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: González Ramírez, G., Pupo Fera, C., Batista Yero, Y. y Pérez Méndez, M. (2022). Efecto de las micorrizas en el cultivo de maní en un suelo pardo grisáceo ócrico. *La Técnica*, 12(1), 10-21. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v27i1.4799>

Recibido: Febrero 15, 2022

Aceptado: Mayo 25, 2022

Publicado: Junio 30, 2022

Resumen

Se evaluó el efecto de cepas micorrízicas en la efectividad de la simbiosis y productividad del cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.) cultivar “Cascajal rosado”, se establecieron dos experimentos de junio-diciembre 2016; uno en la fase de aclimatación, en la Facultad de Ciencias Técnicas y Agropecuarias y el otro en la Finca “Mahanain” de la CCS “José Santiago Ercilla”, en un suelo pardo grisáceo ócrico en la zona norte del municipio Las Tunas. Los tratamientos utilizados fueron: testigo, aplicación de NPK y el uso de cuatro cepas de micorrizas (*Rhizophagus intraradices*, *Funneliformis mosseae*, *Glomus cubense* y *Claroideoglomus claroideum*). Se determinó: longitud de la raíz, altura de la planta, número de vainas-planta⁻¹, biomasa de 100 granos, porcentaje de micorrización y de aceite e índice de acidez del aceite. Se calculó el rendimiento agrícola. Los datos se sometieron a análisis de varianza y comparación de medias. Las aplicaciones de las cepas de micorrizas provocaron una respuesta positiva de las producciones de maní. La cepa que presentó mejores resultados, en la mayoría de las variables estudiadas fue *R. intraradices* seguida por *G. cubense* y *F. mosseae*. Las mayores ganancias y los menores costos por ganancia de biomasa se obtuvieron con el uso de *R. intraradices*.

Palabras clave: *Arachis hypogaea*; micorrizas; porcentaje de micorrización; rendimiento.

Abstract

The effect of mycorrhizal strains on the effectiveness of symbiosis and productivity of peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivar ‘Cascajal rosado’ was evaluated, two experiments were established from June-December 2016; one in the acclimatization phase in the Faculty of Technical and Agricultural Sciences and the other in the “Mahanain” Farm of the CCS ‘José Santiago Ercilla’, in a grayish brown ochre soil in the northern zone of the municipality of Las Tunas. The treatments used were: control, NPK application and the use of four mycorrhizal strains (*Rhizophagus intraradices*, *Funneliformis mosseae*, *Glomus cubense* and *Claroideoglomus claroideum*). The following were determined: root length, plant height, number of pods-plant⁻¹, biomass of 100 grains, mycorrhizal and oil percentage and oil acidity index. Agricultural yield was calculated. Data were subjected to analysis of variance and comparison of means. The applications of mycorrhizal strains caused a positive response in peanut yields. The best performing strain in most of the variables studied was *R. intraradices* followed by *G. cubense* and *F. mosseae*. The highest gains and the lowest costs per biomass gain were obtained with the use of *R. intraradices*.

Keywords: *Arachis hypogaea*; mycorrhizae; percentage of mycorrhization; yield.

Introducción

Durante mucho tiempo, los avances científicos, tecnológicos y la introducción de innovaciones permitieron que la productividad agrícola aumentara, pero en ocasiones, tales avances tuvieron consecuencias indeseables como la sobreexplotación del agua y los suelos, la ampliación desordenada de la frontera agrícola o la pérdida de la biodiversidad. Un ejemplo de lo anterior lo constituyó la llamada “Revolución Verde” que, junto con sus innegables logros en materia de productividad, también tuvo efectos negativos, como la contaminación derivada del uso de grandes cantidades de agroquímicos (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2015).

Lo antes señalado evidencia la necesidad de implementar un manejo integrado para potenciar la capacidad productiva de los agroecosistemas en beneficio de un desarrollo sostenible y de la seguridad alimentaria. Además, demanda que los profesionales, técnicos y responsables de la producción agropecuaria amplíen sus conocimientos relacionados con el manejo y conservación del recurso suelo, de modo que puedan lograr un equilibrio en el agroecosistema, que posibilite mejorar el ambiente, producciones más ecológicas y obtener mayores beneficios económicos y sociales para el país (Sánchez et al., 2011).

Los biofertilizantes constituyen una alternativa económica y ecológica sustentable en el manejo integrado de los cultivos. Permiten reducir los insumos externos, mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos, así como garantizar mayor eficiencia de los fertilizantes minerales (León et al., 2016). Estos han pasado a ser, junto a los bioplaguicidas, insumos agrícolas claves en la producción agrícola sustentable (Pathak y Kumar, 2016). Dentro de ellos, los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), son ampliamente utilizados, a nivel mundial y en Cuba, en la fertilización de cultivos de importancia económica (Mujica et al., 2017; Dey y Ghosh, 2022).

El maní o cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) es una leguminosa muy valorada a nivel mundial y está presente en la dieta de gran parte de la población. Para muchos pueblos constituye la principal fuente de aceite comestible de alta calidad (Zapata et al., 2012). Todas sus partes tienen beneficios en la alimentación, las semillas son una fuente primaria de proteína y aceite para el consumo humano, mientras que, los tallos, hojas y el epiicarpo (las cáscaras) son empleadas en la alimentación animal. Su aceite es muypreciado en la cocina asiática y utilizado, por sus propiedades, en la confección de jabones, cremas y cosméticos (Loor y Pinargote, 2017).

Aunque las plantas de maní poseen la capacidad de explorar el suelo con su potente sistema radical que facilita la absorción de agua y nutrientes, la que puede ser potenciada con el uso de los HMA. Las hifas de las micorrizas tienen un radio aproximado de 1,5 μm (Tena et al., 2016), lo cual le permite a la raíz extender

el área de superficie de exploración del suelo e incrementar la absorción de magnesio, calcio y fósforo, entre otros (Aissa et al., 2016). El fósforo es un nutriente esencial para el desarrollo del cultivo del maní.

En el año 2014 la FAO estimó que en Cuba se sembraron cerca de 5.400 ha con una producción de 5.700 t y rendimientos cercanos a los 1,05 t·ha⁻¹ (Faostat, 2017) por debajo de los informados a nivel mundial (1,648 t·ha⁻¹). En Las Tunas, las mayores producciones de maní se obtienen en la zona sur de la provincia, con predominio de productores individuales del municipio de Amancio, donde los rendimientos han coincidido con la media nacional.

Diversas son las investigaciones indicadas en el mundo con el empleo de micorrizas por sus efectos beneficiosos en cultivos de importancia económica (Liu et al., 2016; Saxena et al., 2017; Dey y Ghosh, 2022) también en Cuba, en los últimos años, se han desarrollado variados estudios de biofertilización con HMA (Baldoquín et al., 2015; Gil, 2017). Particularmente en la provincia de Las Tunas varias investigaciones avalan el efecto positivo de estos organismos en las producciones agrícolas (Carbonell et al., 2016; Pupo et al., 2016); sin embargo, en el cultivo del maní los informes son escasos.

En Cuba se estima que el 50% de las áreas de siembra tienen bajas concentraciones de fósforo disponible para el uso agrícola y especialmente los suelos pardos grisáceos, de la región norte del municipio Las Tunas. Según Vitorazi et al. (2017) en los suelos con bajo contenido de fosfatos el desarrollo de las micorrizas pueden incrementar la capacidad de absorción de este elemento por lo que con la aplicación de este biofertilizante se potenciaría un incremento de las producciones de maní.

Lo antes señalado, evidencia la necesidad de implementar un manejo integrado para potenciar la capacidad productiva del cultivo, de ahí la importancia que se emprendan investigaciones relacionados con este tema, sobre todo, con la aplicación de fertilizantes orgánicos o biofertilizantes que contribuyan a elevar las producciones (Martín y Rivera, 2015). Por lo que el objetivo de la investigación fue determinar la influencia de cuatro cepas de hongos micorrizógenos arbusculares en variables morfológicas y productivas del maní en un suelo pardo grisáceo ócrico en condiciones semicontroladas.

Metodología

En la investigación, se desarrollaron dos experimentos, uno en la fase de aclimatización, en la Facultad de Ciencias Técnicas y Agropecuarias de la Universidad de Las Tunas, en condiciones semicontroladas y el otro en condiciones de campo en la Finca “Mahanain” perteneciente a la CCS “José Santiago Ercilla”, municipio Las Tunas, Cuba.

Para la caracterización química del suelo, se procedió a la toma de muestras según los horizontes genéticos hasta una profundidad

de 30 cm. Los muestreos se realizaron en tres minicalicatas. El suelo pertenece al agrupamiento pardo sialítico clasificado como pardo grisáceo ócrico según la clasificación de los suelos de Cuba (Hernández et al., 1999). Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Suelos de la provincia de Camagüey.

Los datos de precipitaciones, temperatura media y la humedad relativa, fueron tomados de los registros del Centro Provincial de Meteorología en Las Tunas, perteneciente al Instituto de Meteorología (Insmet, 2017), excepto las precipitaciones en el experimento de campo, que fueron tomadas a partir de un pluviómetro ubicado en la CCS “José Santiago Ercilla”.

En los experimentos se utilizó el cultivar de maní “Cascajal rosado”. La semilla utilizada fue procedente de la cosecha anterior de un productor del cultivo. Las cepas de HMA utilizadas en los experimentos presentaron una concentración de 20 esporas·g⁻¹. Este producto se aplicó en forma de mezcla recubriendo las semillas. La mezcla se preparó 24 horas antes del momento de la siembra y tuvo una proporción inóculo/agua de 2:1.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con seis tratamientos: testigo sin aplicación, aplicación de NPK y el uso de cuatro cepas de hongos micorrizógenos arbusculares (*Rhizophagus intraradices* Walker y Schüßler, *Funneliformis mosseae* Walker y Schüßler, *Glomus cubense* Rodr. y Dalpé y *Claroideoglomus claroideum* Walker).

Las labores de cultivos realizadas durante todo el ciclo fue control de arvenses por métodos culturales (guataquea). Las demás labores culturales se realizaron siguiendo las instrucciones del Instructivo Técnico Mínimo para el Cultivo del Maní (Actaf, 2009).

Evaluación de cuatro cepas de HMA para determinar su efectividad en condiciones semicontroladas y de campo

El primer ensayo consistió en la evaluación de cuatro cepas de HMA para determinar su efectividad en condiciones semicontroladas antes de trasladar la investigación a condiciones de campo. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con seis tratamientos. Las bolsas de polietileno se llenaron con un sustrato proveniente del suelo de las áreas productivas de la finca “Mahanain”. En cada bolsa se sembraron dos semillas de maní y se procesaron 12 bolsas por tratamiento. El experimento se llevó a cabo durante los meses de junio a septiembre de 2016.

El porcentaje de colonización micorrícica total se determinó en la fase de floración. Para las evaluaciones se muestrearon las raíces de cuatro plantas por parcela a partir de aproximadamente 200 mg de raíces en cada muestra, las que se lavaron cuidadosamente con agua común y fueron secadas en estufa a 70 °C hasta biomasa constante, para ser teñidas, según metodología descrita por Phillips y Hayman (1970) modificada por Rodríguez et al. (2015).

La lectura de las muestras se realizó con un microscopio (N-200M, Trinocular C/40x). A partir de las lecturas se determinó el porcentaje de colonización micorrícica, según la metodología descrita por Sánchez de Práguer et al. (2010).

$$\% \text{ de colonización} = \frac{\# \text{ de segmentos colonizados}}{\# \text{ total de segmentos}} \times 100$$

Los resultados del porcentaje de colonización micorrícica se analizaron estadísticamente por comparación múltiple de proporciones, mediante el software CompaProWin (versión 2.0.1) (Castillo y Miranda, 2014).

Se evaluó la altura de la planta (AP) y la longitud de la raíz (LR), el número de vainas por planta y se calculó el rendimiento agrícola (t·ha⁻¹), en 20 plantas seleccionadas en cada uno de los tratamientos.

Los datos obtenidos, excepto los del porcentaje de micorrización, se sometieron al análisis de varianza de clasificación simple y las medias se compararon utilizando el test de Tukey para un nivel de significación $\alpha = 0,05\%$ (Bouza y Sistachs, 2002), con el uso del paquete estadístico InfoStat versión 2016 (Di Rienzo et al., 2016).

El segundo experimento se condujo desde el mes de septiembre hasta diciembre de 2016, en condiciones de campo. Se empleó un diseño experimental de bloques al azar. Se establecieron seis tratamientos con cuatro repeticiones. Cada parcela experimental contó con un área total de 12 m² compuesta por cinco surcos de 3 m de longitud. La siembra se realizó de manera manual con un marco de 0,60 m x 0,10 m y se depositaron dos semillas por hoyo a una profundidad de 3 a 4 cm, aproximadamente de acuerdo al Manual de Cultivos y Técnicas para su Producción (Minag, 2015). Para las mediciones se tomaron un total de 20 plantas por parcela, es decir, 10 plantas de los surcos del centro. Los surcos exteriores se desecharon para evitar el efecto de borde.

Se evaluaron las siguientes variables: biomasa de 100 granos (g), el porcentaje de micorrización, altura de las plantas, longitud de las raíces y rendimiento, se analizaron según lo descrito en la primera evaluación.

El porcentaje de aceite se determinó por el método Soxhlet o Solventes (Núñez, 2008). Para ellos se trituraron 10 g de semillas de maní en morteros. Las muestras se trataron con una mezcla de benceno-etanol (3:2 v/v). El material fue pesado antes y después de la extracción, y por diferencia de biomasa se calculó el porcentaje de aceite.

El índice de acidez se determinó con el uso de la fórmula empleada por Leal et al. (2017):

$$I.A = \frac{56,1 \times N \times V}{m}$$

Donde: N= normalidad de la solución de KOH utilizada en la titulación de la muestra, V= mililitros de la solución de KOH, gastados en la titulación de la muestra 56,1: equivalentes de KOH y P= biomasa de la muestra en gramos.

Los datos obtenidos se sometieron al análisis de varianza de clasificación doble con el mismo nivel de significación y el empleo del paquete estadístico utilizado en el experimento 1. Se realizó el análisis económico por el método comparativo. Se determinaron los costos, ingresos o valor de la producción, ganancias y el costo por biomasa de cada tratamiento.

Resultados

Evaluación de la efectividad de cuatro cepas de HMA en condiciones semicontroladas y de campo

En condiciones semicontroladas la inoculación con las diferentes cepas de HMA provocó un incremento en los porcentajes de colonización micorrícica con respecto a las plantas colonizadas por cepas nativas (tabla 1). Los porcentajes de colonización estadísticamente superiores se observaron con el empleo de las cepas de *R. intraradices* y *G. cubense* las que no difirieron estadísticamente entre sí, seguidas por *F. mosseae* quien no difirió de esta última. De las cepas utilizadas, *C. claroideum* fue la que más bajos porcentajes de colonización presentó. Los menores valores de colonización observados se presentaron en el testigo sin aplicación y con la aplicación de NPK, sin diferencias estadísticas entre ellos.

En este experimento también se comprobó que en condiciones de campo la inoculación con las diferentes cepas de micorrizas indujo un incremento en los porcentajes de colonización respecto a las plantas colonizadas por cepas nativas (tabla 1). Los porcentajes de colonización superiores se observaron con la inoculación de las cepas de *R. intraradices* y *G. cubense* que no difirieron estadísticamente entre sí. A su vez, este último tratamiento no difirió de los porcentajes obtenidos con el empleo de *F. mosseae*. Mientras que *C. claroideum* obtuvo un resultado intermedio entre estos y el testigo sin aplicación y la aplicación de NPK tratamientos donde se obtuvieron los valores de colonización estadísticamente inferiores. El comportamiento fue similar tanto en condiciones semicontroladas como en campo; no obstante, en general la colonización de las micorrizas fue mayor bajo condiciones semicontroladas.

Bajo condiciones semicontroladas las mayores alturas de las plantas (tabla 2) se alcanzaron con la aplicación del fertilizante sintético, así como, con la aplicación de las cepas de micorrizas de *R. intraradices* y *F. mosseae*. Estos tratamientos no presentaron diferencias estadísticas entre sí. En el testigo sin aplicación se obtuvieron las plantas más pequeñas, mientras que las cepas de *G. cubense* y *C. claroideum* presentaron un comportamiento intermedio. Así mismo, las raíces más largas (tabla 2) se observaron con el uso de la cepa de *R. intraradices* la que fue estadísticamente superior al resto de los tratamientos, seguida por la aplicación de NPK, la cual no difirió de las longitudes de las raíces obtenidas con la cepa de *G. cubense*. El tratamiento donde se obtuvieron las raíces más cortas fue en el testigo sin aplicación.

En campo, la influencia de la aplicación de las cepas de micorrizas y de NPK en la altura de las plantas de maní (tabla 2),

favoreció un crecimiento estadísticamente superior al testigo sin aplicación, excepto con la cepa *C. claroideum*.

Tabla 1. Porcentaje de colonización micorrícica en raíces de maní en condiciones semicontroladas y de campo.

Tratamiento	Condiciones semicontroladas	Condiciones de campo
	Colonización (%)	Colonización (%)
Testigo sin aplicación	20,50 d	21,25 d
Aplicación de NPK	15,50 d	14,37 d
Rhizophagus intraradices	88,75 a	80,00 a
Funneliformis mosseae	67,50 b	65,62 b
Glomus cubense	82,50 ab	73,75 ab
Claroideoglomus claroideum	45,00 c	43,75 c
CV (%)	0,24	0,16
EE $\bar{x}$	0,10	0,07

Medias con letras distintas en una misma columna indicaron diferencias significativas para Wald por corrección ($P < 0,05$).

La respuesta del cultivo de maní a la aplicación de las cepas de micorrizas respecto a la longitud de las raíces (tabla 2) mostró que las mayores longitudes se obtuvieron con la aplicación de fertilizante sintético y con el uso de las cepas de *R. intraradices* y *G. cubense* quienes no difirieron estadísticamente de las longitudes obtenidas con la aplicación de *F. mosseae* y de la cepa de *C. claroideum*. Estos últimos tratamientos a su vez no difirieron de los resultados obtenidos en el testigo sin ninguna aplicación, el cual presentó las menores longitudes de las raíces.

Vale la pena destacar que, con relación a la altura de las plantas, esta fue mayor en todos los tratamientos conducidos en condiciones semicontroladas al compararlos con los valores obtenidos en condiciones de campo, el cual fue prácticamente duplicado para todos los tratamientos cuando se evaluaron en condiciones semicontroladas. Con respecto a la longitud de las raíces, aunque fue mayor en todos los tratamientos manejados bajo condiciones semicontroladas, la proporción en la diferencia bajo condiciones de campo fue mucho menor. En otras palabras,

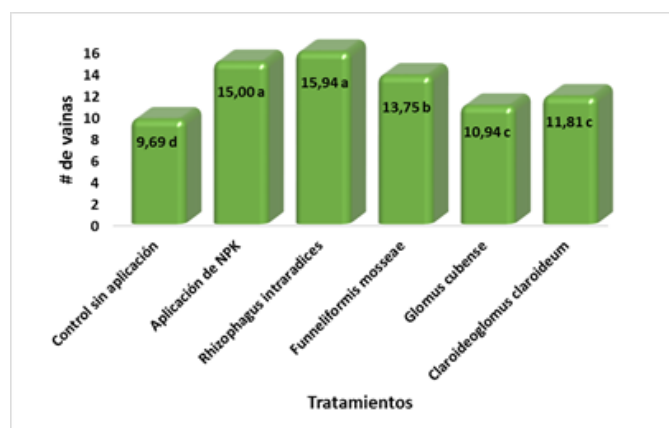
Tabla 2. Altura de las plantas y longitud de las raíces de maní al momento de la cosecha en condiciones semicontroladas.

Tratamiento	Condiciones semicontroladas		Condiciones de campo	
	Altura de las plantas (cm)	Longitud de las raíces (cm)	Altura de las plantas (cm)	Longitud de las raíces (cm)
Testigo sin aplicación	44,64 c	14,76 e	34,90 b	11,51 b
Aplicación de NPK	60,38 a	19,04 b	37,02 a	12,30 a
<i>Rhizophagus intraradices</i>	61,53 a	21,58 a	37,39 a	12,43 a
<i>Funneliformis mosseae</i>	59,14 a	17,86 cd	36,70 a	11,99 ab
<i>Glomus cubense</i>	52,66 b	18,51 bc	37,44 a	12,33 a
<i>Claroideoglomus claroideum</i>	54,44 b	17,16 d	36,53 ab	11,82 ab
CV (%)	5,29	5,33	10,33	12,66
EE $\bar{X}$	0,73	0,24	0,42	0,16

Medias con letras distintas en una misma columna indicaron diferencias significativas para Tukey ($P < 0,05$).

el crecimiento de las raíces fue similar bajo las dos condiciones de estudio, no así la longitud de las plantas, la cual fue mayor en condiciones semicontroladas (tabla 2).

El mayor número de vainas por plantas se obtuvo con el uso de la cepa de micorriza *R. intraradices* y con la aplicación de NPK, difiriendo estadísticamente con el resto de los tratamientos. El tratamiento que menos vainas por plantas presentó fue el testigo mientras que los demás tratamientos tuvieron un comportamiento intermedio (figura 1).

**Figura 1.** Número de vainas por plantas de maní en condiciones semicontroladas.

Medias con letras distintas indican diferencias significativas para la prueba de medias múltiples de Tukey ($P < 0,05$).

En las condiciones semicontroladas donde se desarrolló el experimento los mayores rendimientos se alcanzaron con la aplicación del fertilizante sintético y con el uso de *R. intraradices* quienes difirieron estadísticamente del resto de los tratamientos (tabla 3). Así mismo, las cepas de *G. cubense* y *F. mosseae* presentaron un comportamiento intermedio y a su vez difirieron de los rendimientos alcanzados por la cepa de *C. claroideum* y el testigo sin aplicación que fueron los tratamientos que obtuvieron los rendimientos inferiores.

Estos resultados implicaron incrementos en el rendimiento respecto al testigo sin aplicación, comprendidos entre los 3,12 y 25%. En este último caso, se encontró que el uso de *R. intraradices* provocó un incremento de 0,32 t·ha⁻¹ seguido por la aplicación de NPK (0,31 t·ha⁻¹) mientras que las cepas *G. cubense* y *F. mosseae* incrementaron los rendimientos en 0,22 y 0,14 t·ha⁻¹, respectivamente.

Por otro lado, bajo condiciones de campo, la aplicación de las diferentes cepas de HMA favoreció el incremento de la biomasa de 100 granos respecto al testigo sin aplicación (tabla 4). Los tratamientos que mejor se comportaron fueron nuevamente la aplicación de NPK y de la cepa de *R. intraradices* seguidos por *F. mosseae* y *G. cubense*. Las menores biomásas de 100 granos se obtuvieron con el tratamiento compuesto por la cepa *C. claroideum* y en el testigo sin aplicación.

Tabla 3. Rendimiento del maní en granos en condiciones semicontroladas.

Tratamiento	Rendimiento (t·ha ⁻¹)	Incremento respecto al testigo (t·ha ⁻¹)	Incremento respecto al testigo (%)
Testigo sin aplicación	1,28 c	0,00	0,00
Aplicación de NPK	1,59 a	0,31	24,21
<i>Rhizophagus intraradices</i>	1,60 a	0,32	25,00
<i>Funneliformis mosseae</i>	1,42 b	0,14	10,90
<i>Glomus cubense</i>	1,50 b	0,22	17,18
<i>Claroideoglomus claroideum</i>	1,32 c	0,04	3,12
CV (%)	13,99	-	-
EE $\bar{X}$	0,0215	-	-

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas para Tukey ($P < 0,05$).

Tabla 4. Biomasa de 100 granos de maní en condiciones de campo.

Tratamiento	Biomasa de 100 granos (g)
Testigo sin aplicación	40,65 c
Aplicación de NPK	45,90 a
<i>Rhizophagus intraradices</i>	46,93 a
<i>Funneliformis mosseae</i>	42,65 b
<i>Glomus cubense</i>	42,48 b
<i>Claroideoglomus claroideum</i>	40,78 c
CV (%)	1,24
EE $\bar{X}$	0,22

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas para la prueba de medias múltiples de Tukey ($P < 0,05$).

Los mayores rendimientos en granos (tabla 5) se alcanzaron con la aplicación del fertilizante sintético y con el uso de *R. intraradices*, difiriendo estadísticamente al resto de los tratamientos.

Así mismo, las cepas de *G. cubense* y de *F. mosseae* presentaron un comportamiento intermedio y a su vez difirieron de los rendimientos alcanzados por la cepa de *C. claroideum* y el testigo sin aplicación que fueron los tratamientos que obtuvieron los más bajos rendimientos.

Estos resultados implicaron incrementos en el rendimiento en granos respecto al testigo sin fertilizar comprendidos entre 2,15 y 24,73%. En este último caso, se encontró que el uso de NPK provocó un incremento de 0,23 t·ha⁻¹ seguido de *R. intraradices* (0,22 t·ha⁻¹) mientras que las cepas de *G. cubense* y *F. mosseae* incrementaron los rendimientos en 0,15 y 0,12 t·ha⁻¹, respectivamente.

Por otro lado, también se analizó el posible efecto de la aplicación de los diferentes tratamientos en el porcentaje de aceite obtenidos a partir de granos de maní y el índice de acidez. Como se observa en la tabla 6, en los tratamientos donde se aplicaron las diferentes cepas de micorrizas se obtuvieron porcentajes de aceite estadísticamente superiores al testigo sin aplicación. El porcentaje de aceite superior se alcanzó con el empleo de la cepa de *R. intraradices* aunque no difirió de los obtenidos con las cepas de *G. cubense*, *F. mosseae* y la aplicación de NPK, los que

a su vez tampoco difirieron estadísticamente de *C. claroideum* y del testigo sin aplicación que fue el que menos porcentaje de aceite presentó.

Tabla 5. Rendimiento del maní en granos en condiciones de campo.

Tratamiento	Rendimiento en granos (t·ha ⁻¹)	Incremento respecto al testigo (t·ha ⁻¹)	Incremento respecto al testigo (%)
Testigo sin aplicación	0,93 c	0,00	0,00
Aplicación de NPK	1,16 a	0,23	24,73
<i>Rhizophagus intraradices</i>	1,15 a	0,22	23,65
<i>Funneliformis mosseae</i>	1,05 b	0,12	12,90
<i>Glomus cubense</i>	1,08 b	0,15	16,12
<i>Claroideoglomus claroideum</i>	0,95 c	0,02	2,15
CV %	11,03	-	-
EE $\bar{X}$	0,01	-	-

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas para Tukey ($P < 0,05$).

Tabla 6. Porcentaje de aceite en granos de maní en condiciones de campo.

Tratamiento	Aceite (%)	Índice de acidez (%)
Testigo sin aplicación	46,70 c	1,46
Aplicación de NPK	48,75 abc	1,85
<i>Rhizophagus intraradices</i>	50,55 a	3,20
<i>Funneliformis mosseae</i>	49,05 abc	2,78
<i>Glomus cubense</i>	49,05 ab	3,29
<i>Claroideoglomus claroideum</i>	47,80 bc	3,56
CV %	2,04	-
EE $\bar{X}$	0,09	-

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas para Tukey ($P < 0,05$).

Así mismo, respecto al índice de acidez del aceite (Tabla 6) se observó una marcada diferencia entre los resultados obtenidos con el empleo de las cepas de HMA y los tratamientos no

micorrizados. Los valores más elevados se obtuvieron con el empleo de la cepa de *C. claroideum* seguidos por *G. cubense* y *R. intraradices*. Los valores más bajos se obtuvieron en los tratamientos donde se aplicó NPK y con el testigo sin aplicación.

Valoración económica

En condiciones de campo, las mayores ganancias y los menores costos por biomasa se obtuvieron con la aplicación de la cepa de HMA *R. intraradices* (tabla 7).

Tabla 7. Valoración económica de los resultados obtenidos en condiciones de campo.

Tratamiento	Rend. (t·ha ⁻¹)	VP (\$·ha ⁻¹)	Cp (\$·ha ⁻¹)	C (\$)	Ganancias (\$·ha ⁻¹)
Testigo sin aplicación	0,93 c	26 679,40	20 000,00	0,75	6679,40
Aplicación de NPK	1,16 a	33 277,50	23 667,00	0,71	9610,01
<i>Rhizophagus intraradices</i>	1,15 a	32 990,60	20 100,00	0,61	12890,60
<i>Funneliformis mosseae</i>	1,05 b	30 121,90	20 100,00	0,67	10021,90
<i>Glomus cubense</i>	1,08 b	30 982,50	20 100,00	0,65	10882,50
<i>Claroideoglomus claroideum</i>	0,95 c	27 253,10	20 100,00	0,74	7153,10

Leyenda: Rend.= rendimiento, Cp= costo de producción, VP= valor de la producción, C= costo por peso.

Discusión

Efectividad de cuatro cepas de HMA en condiciones semicontroladas y en condiciones de campo

Condiciones semicontroladas

El menor porcentaje de micorrización observado en el tratamiento donde se aplicó NPK, pudo estar dado por el incremento de la disponibilidad de fósforo inorgánico (Pi) en el suelo. Se considera que elevados contenidos de Pi inhiben el establecimiento de la simbiosis de los HMA y las raíces de las plantas. Este fenómeno se explicó por la reducción de la biosíntesis de estrigolactona, hormona muy importante que interviene en el proceso de simbiosis (Waters et al., 2012).

Mujica et al. (2017) señalaron porcentajes de micorrización en mani por debajo del 50%, inferiores a los obtenidos en esta investigación, con el empleo de la cepa de *G. cubense* en experimentos llevados a cabo en la región occidental del país. La diferencia de los resultados alcanzados, entre las distintas cepas de micorrizas pudiera estar relacionada con el efecto que ejerce, en su establecimiento, las propiedades físicas y químicas del suelo.

El pH del suelo constituye una de las propiedades relacionada con la variación de la efectividad de las cepas inoculadas (Martín et al., 2017), lo que posiblemente esté en correspondencia con la importancia de la reacción del suelo, sobre la ocurrencia y distribución de las cepas de HMA en los diferentes agroecosistemas, aunque se ha considerado que las micorrizas pueden tolerar condiciones adversas de pH por modificación de

la micorrizósfera durante el proceso de toma de nutrientes (Pérez et al., 2011).

Lloor y Pinargote (2017) reportaron alturas de las plantas de mani similares a las alcanzadas en esta investigación, al estudiar la influencia del uso combinado de micorrizas (*Glomus* sp.) y roca fosfórica sobre la productividad del cultivo en Ecuador. Así mismo, Yadav y Aggarwal (2015) al estudiar el efecto individual y asociativo de dos cepas de micorrizas con *Trichoderma viride* y una bacteria promotora del crecimiento vegetal (*Pseudomonas fluorescens*) en el cultivo del mani alcanzaron una altura promedio de 41 cm con la aplicación de la cepa de *F. mosseae*, inferior a la alcanzada en esta investigación.

Torres de los Santos (2014) encontró un incremento en la longitud y el volumen de las raíces de plantas micorrizadas con *R. intraradices* combinadas con diferentes dosis de etileno. Por otro lado, las plantas micorrizadas presentaron un sistema radical más desarrollado y producto a la simbiosis, la planta fue capaz de captar mayor cantidad de agua y nutrientes (Paredes y Zonta, 2015). Estos autores demostraron que la longitud de la raíz se favoreció con la aplicación de micorrizas. El micelio fúngico externo se extendió más allá de la zona de agotamiento de los nutrientes que rodearon la raíz.

La diferencia respecto a la altura de las plantas y longitud de las raíces de las plantas alcanzadas con el empleo de las cepas de HMA pudo deberse, sobre todo, al incremento de la eficiencia del sistema radical en la absorción de nutrientes, especialmente fósforo (Viera et al., 2017). Como se conoce, este elemento es vital para la activación del crecimiento del mani (Casanova y García, 2014).

Resultados similares a los obtenidos en esta investigación fueron señalados por Mujica et al. (2017) en la provincia de Mayabeque. Los autores encontraron 12,44 vainas·plantas⁻¹ con la aplicación de la cepa de *G. cubense*. Es necesario aclarar que estos investigadores no precisaron el cultivar de mani utilizado. La colonización por HMA promovió el aumento de la concentración de hidratos de carbono solubles y de clorofila en las hojas y por consiguiente un aumento de la capacidad fotosintética (Boomsma y Vyn, 2008), lo que pudo favorecer el incremento de la cantidad de vainas·plantas⁻¹.

Resultados inferiores a los obtenidos en esta investigación fueron encontrados por Molinet et al. (2015) al obtener rendimientos por debajo de 1 t·ha⁻¹ con el uso combinado de EcoMic® y Azotofos® y de EcoMic® de forma independiente en un suelo Fluvisol poco diferenciado de la provincia Granma, con el uso del mismo cultivar utilizado en esta investigación.

Condiciones de campo

La respuesta encontrada en los tratamientos testigo sin aplicación y la aplicación de NPK, para los indicadores de funcionamiento micorrícico pudo estar relacionada a la presencia de cepas nativas de micorrizas menos competitivas residentes en el suelo donde se desarrolló este estudio. Además, la diversidad y composición de la comunidad de HMA nativos dependió fuertemente del tipo de suelo y de la intensidad del uso de la tierra (Oehl et al., 2010).

Pereira et al. (2001) encontraron porcentajes de micorrización similares a los obtenidos en esta investigación con el empleo de la cepa de *R. intraradices* e inferiores con la cepa de *F. mosseae*. Según Pérez et al. (2011) el efecto del pH puede estar relacionado con la disponibilidad de Pi, lo cual puede afectar la función del HMA. Algunas especies de micorrizas no se adaptan a condiciones de pH diferentes al suelo de su origen donde fueron aisladas, por eso se considera el fósforo como esencial en su establecimiento de acuerdo al tipo de suelo (Martín y Rivera, 2015).

Resultados superiores obtuvieron Yadav y Aggarwal (2015) al estudiar el efecto individual y asociativo de dos cepas de micorrizas y dos bacterias promotoras del crecimiento vegetal en maní, en la India, con un cultivar diferente al utilizado en esta investigación. Con la aplicación de la cepa *F. mosseae* obtuvieron raíces de 18,48 cm de largo como promedio.

En las condiciones estudiadas el efecto positivo de la aplicación de las diferentes cepas de HMA en comparación con los tratamientos no micorrizados pudo estar dado porque las hifas de los hongos estuvieron mejores adaptadas para captar los nutrientes a través de una rápida proliferación y mayor capacidad competitiva con los microbios del suelo (Smith y Read, 2008).

En las condiciones del suelo estudiado, con pH medianamente ácido, se ha indicado una alta efectividad de la cepa de *F. mosseae* (Rivera et al., 2014). Sin embargo, los resultados obtenidos con la cepa en esta investigación no se correspondieron con dicha afirmación, cuando se comparó con los beneficios observados con la cepa de *R. intraradices* que fue la que presentó los mayores valores en casi todas las variables evaluadas.

Rivera et al. (2013) refirieron que la cepa de *R. intraradices* ha funcionado adecuadamente en los suelos pardos con carbonatos, para diversos cultivos, bajo el concepto de que el tipo de suelo, ha de ser el criterio fundamental para definir cuál o cuáles fueron las especies y cepas eficientes para una condición edafoclimática específica. Información que estuvo en correspondencia con los resultados obtenidos en esta investigación, ya que la cepa de *R. intraradices* tuvo mejor efecto simbiótico para este tipo de suelo con respecto a la cepa de *G. cubense* en la variable longitud de la raíz.

Molinet et al. (2015) obtuvieron mayores biomásas de 100 granos de maní con el uso de EcoMic® de forma independiente y combinada con Azotofos® en un suelo Fluvisol de la provincia Granma, con un pH ligeramente ácido, con el cultivar Cascajal rosado; mientras que, Quintero (2014) en la provincia de Villa Clara obtuvo biomásas similares a las alcanzadas en esta investigación con la aplicación de una fórmula completa al momento de la siembra y riego con un cultivar distinto y en época poco lluviosa.

El efecto positivo de los HMA sobre las producciones agrícolas es ampliamente reconocido. Medina-García (2016) plantearon que las micorrizas mejoraron la capacidad de absorción de agua y de nutrientes del suelo ya que sus hifas, al explorar el suelo, llegaron a los lugares donde difícilmente podrían llegar las raíces de las plantas por sí solas. Además, los HMA incrementaron la conductividad hidráulica de las raíces y favorecieron la adaptación del balance osmótico (Porrás et al., 2009).

Mujica et al. (2017) obtuvieron resultados superiores a los encontrados en esta investigación con la aplicación de la cepa de *G. cubense* en un suelo ferralítico rojo lixiviado en la provincia de Mayabeque. Estos autores obtuvieron los rendimientos más elevados con el uso de la cepa de micorriza combinada con Azofert®, inoculante líquido a base de bacterias del género *Rhizobium*.

La diferencia respecto a los rendimientos obtenidos con el empleo de las cepas de HMA, estuvo relacionado con los porcentajes de micorrización que presentaron cada una de ellas. En este sentido, la planta puede absorber y asimilar más agua, minerales (nitrógeno y fósforo) e iones poco móviles (ácido fosfórico, amoníaco, zinc, cobre, magnesio), favoreciéndose su balance hídrico y nutrición (Garzón, 2016).

Otro elemento distintivo que determina la eficiencia de la aplicación de inoculantes microbianos y su relación con el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas son las condiciones climáticas. En Cuba, como en muchas regiones tropicales, la producción agrícola se favorece en el periodo lluvioso. Ello se debe no solo a la mayor cantidad de precipitaciones, sino también a los mayores niveles de temperatura y humedad que concurren durante ese periodo, lo cual pudiera determinar la respuesta en las inoculaciones de microorganismos (Mujica et al., 2017).

Durante el periodo experimental, la temperatura media imperante estuvo entre los 24 y los 26,9 °C, lo cual favoreció el desarrollo y crecimiento de las plantas. Estas temperaturas han sido consideradas como óptimas para el crecimiento vegetativo del maní. AgroNet (2004) planteó que la temperatura óptima para todas las fases del ciclo vegetativo puede variar entre 21 y 27 °C. Sin embargo, estas temperaturas no fueron favorables para el crecimiento de las vainas ya que según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos la proporción máxima de crecimiento de la vaina está entre 30 y 34 °C (A.D., 2010).

Por su parte, el acumulado de precipitaciones fue de 269,4 mm lo cual estuvo por debajo de las necesidades hídricas del cultivo y más si se tiene en cuenta que la investigación se desarrolló en condiciones de secano. Pedelini (2012) argumentó que la cantidad de agua requerida para que el maní pueda expresar su potencial de rendimiento, debe ser aproximadamente entre 600 y 700 mm de agua bien distribuidos durante el ciclo. Sin embargo,

es necesario aclarar que la mayor parte del requerimiento de agua fue necesario durante las fases de germinación, crecimiento y floración (AgroNet, 2004), fases en la que en las condiciones experimentales ocurrieron las mayores precipitaciones.

Respecto a la humedad relativa estuvo en la escala óptima sobre todo para la cosecha ya que según Casa (2014) la humedad relativa idónea para la cosecha del maní debe oscilar entre 35 a 50% para que las vainas se puedan separar fácilmente de las plantas. Así mismo, el suelo objeto de estudio fue considerado medianamente ácido en el horizonte donde fundamentalmente se desarrolló el sistema radical de las plantas de maní, lo que no fue favorable para su crecimiento y desarrollo. Según Lavia y Fernández (1999) el maní se desarrolló mejor con un pH ligeramente ácido (6,0 a 6,5); un pH de 5,5 a 7,0 fue aceptable y algunas variedades pueden adaptarse a valores de pH hasta 7,8.

Estos resultados evidenciaron el posible efecto positivo de las cepas de micorrizas en el porcentaje de aceite ya que se obtuvieron valores superiores a los encontrados por Minag (2015) quien planteó que el porcentaje de aceite del cultivar Cascajal rosado fue de 46%. Al respecto, Martínez et al. (2013) indicaron porcentajes de aceites superiores a los obtenidos en esta investigación con el empleo de solventes similares, pero con cultivares diferentes y en las condiciones de México.

Esta variable es muy importante, sobre todo, si se tiene en cuenta el elevado costo del aceite de maní en el mercado internacional, las potencialidades que existen en Cuba para producirlo y los beneficios aparejados a su consumo ya que se considera que los granos de maní contienen importantes componentes para la nutrición humana. De acuerdo con Venkatachalam y Sathe (2006) su alto valor nutricional se atribuyó a la presencia de componentes biológicamente activos, tales como: tocoferoles, flavonoides, fitoesteroles; así como un alto contenido de proteína y presencia de ácidos grasos fácilmente digeribles.

Los resultados obtenidos en la investigación se encuentran dentro del intervalo establecido por la FAO/OMS (2017) en el Codex Alimentarius en los parámetros que determinan la calidad de aceites y grasas comestibles donde se establece que un valor elevado del 5% de acidez indica que el aceite contiene alta cantidad de ácidos grasos libres, generado por un alto contenido de hidrólisis (Martínez et al., 2011).

En esta investigación se obtuvieron resultados inferiores al 5% de acidez, pero mayores a los reportados por Martínez et al. (2013) al obtener valores entre 0,3 y 0,6%. Mientras que Pascual et al. (2006) registraron para 10 recolectas de maní en Argentina, valores promedio entre 0,315 y 0,490%, los cuales fueron considerados relativamente bajos.

Los resultados de este análisis económico dependieron en gran medida de los rendimientos alcanzados, apoyados por el efecto del biofertilizante empleado y de su menor costo. Aun cuando los rendimientos obtenidos con el empleo del fertilizante químico fueron superiores a los demás tratamientos, sus elevados precios de ventas hicieron que los costos por biomasa obtenida se incrementaron y las ganancias disminuyeron.

Por otro lado, desde el punto de vista ambiental la aplicación excesiva de fertilizantes químicos originó daños debido, entre

otros efectos, a la contaminación de las aguas por nitratos (Melián, 2017). Además, fueron contaminantes del suelo y de los alimentos (Moreno, 2017).

Conclusiones

La aplicación de las cepas de *R. intraradices* seguidas por *G. cubense* y *F. mosseae* provocan una respuesta positiva de las producciones de maní, tanto en las condiciones experimentales semicontroladas como de campo, al compararlo con el testigo sin fertilizar. Manifestado a través de los porcentajes de micorrización superiores observados tanto en condiciones semicontroladas como de campo, con el empleo de las cepas de *R. intraradices* y *G. cubense*. Independientemente de las condiciones experimentales (semicontroladas y de campo) los mayores resultados de las variables morfológicas se presentan con las cepas de *R. intraradices*, *G. cubense* y *F. mosseae*.

Los mayores rendimientos en granos y en aceite se dan con el empleo de *R. intraradices*, con menor impacto ambiental, y la aplicación de NPK, superiores a la media nacional. Igualmente, las mayores ganancias y los menores costos por biomasa se presentan al utilizar *R. intraradices*.

Conflicto de intereses

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

Referencias bibliográficas

- Actaf. (2009). *Instructivo técnico mínimo del maní*. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (Actaf). Biblioteca Actaf. La Habana, Cuba.
- A.D. (Agriculture Department). (2010). *Peanut cultivation under drip fertigation*. Agro-Knowledge Management. Netafim Ltd., Israel.
- AgroNet. (2004). *Características técnicas del cultivo del maní*. México.
- Ahmad, N., Rahim, M. y Khan, U. (2007). Evaluation of different varieties, seed rates and row spacing of groundnut, planted under agro-ecological conditions of Malakand division. *J. Agron.*, 6, 385-387.
- Aissa, E., Mougou, A. y Kouki, K. (2016). Influence of mycorrhizal inoculation and source of phosphorus on growth and nutrient uptake of pepper (*Capsicum annum* L.) in calcareous soil. *Agriculture and Biotechnology*, 28(5), 1589-1595.
- Baldoquín, M., Alonso, M., Gómez, Y. y Bertot, I. (2015). Respuesta agronómica del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Black Seed Simpson ante la aplicación de bioestimulante Enerplant. *Centro Agrícola*, 42(3), 53-57.
- Boomsma, C. R. y Vyn T. J. (2008). Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis? *Field Crops Res.*, 108, 14-31.
- Bouza, H. C. M. y Sistachs, V. (2002). Estadística. Teoría y ejercicios. Editorial Félix Varela: La Habana, Cuba.

- Carbonell, L., Darlis, R. y Téllez, A. (2016). Evaluación de la fertilización química y biológica en el cultivo de la cebolla bajo condiciones edafoclimáticas. Estudio de caso. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. Año: III (3).
- Casa. (2014). *Gerencia del control de la calidad del maní (Arachis hypogaea L.)*. Corporación de abastecimiento y servicio agrícola (Casa).
- Casanova, Z. A. y García, M. R. (2014). *Efecto de seis densidades de siembra en el cultivo de maní (Arachis hypogaea L.) variedad Georgia 06-G con manejo agroecológico, en el municipio de Télica, departamento de León, periodo agosto-diciembre 2013*. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Nicaragua, Managua, Nicaragua.
- Castillo, Y. y Miranda, I. (2014). *CompaproWin 2.0.1*. Sistema de comparación múltiple de proporciones.
- Dey, M., y Ghosh, S. (2022). Arbuscular mycorrhizae in plant immunity and crop pathogen control. *Rhizosphere*, 22, 100524.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. y Robledo, C. W. (2016). *InfoStat, versión 2016*. Paquete estadístico. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- FAO/OMS. *Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias Comisión del Codex Alimentarius*. Revisión de la Norma para aceites vegetales especificados (CODEX STAN 210-1999): revisión de los parámetros de calidad para el aceite de maní (cacahuete).
- Faostat. (2017). *Principales indicadores productivos del cultivo del maní (Arachis hypogaea, L.) durante el año 2014*. Estadísticas de la FAO. Organización de Naciones Unidas para la Agricultura (FAO).
- Garzón, L. P. (2016). Importancia de las micorrizas arbusculares (MA) para un uso sostenible del suelo en la Amazonia colombiana. *Revista Luna Azul*, 42, 217-225.
- Gil, M. M. (2017). Efecto de biopreparados sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L.) en Aguada de Pasajeros. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(2), 6-10.
- Hernández, A. J., Pérez, J. M., Bosch, D. y Rivero, L. (1999). *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*. Instituto de Suelos (Minag). Agrinfor: La Habana, Cuba.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2015). *Una productividad competitiva, incluyente y sustentable: oportunidad para el continente americano*. Documento técnico Encuentro de Ministros de Agricultura de las Américas. Decimoctava Reunión Ordinaria de la Junta Interamericana de Agricultura (JIA). Cancún-Riviera Maya, México. 19-23 de octubre, 2015.
- Insmet. (2017). *Informe de variables meteorológicas para el periodo junio de 2016 a diciembre de 2016*. Impresión ligera. Instituto de Meteorología. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medioambiente. Las Tunas.
- Jaimez, S. E. (2012). *Comunicación personal*. Investigador Auxiliar IGA – CITMA. Especialista en Geografía de los Suelos y el Carso.
- Lavia, G. y Fernández, A. (1999). *Caracterización cromosómica de germoplasma de Maníes silvestre pertenecientes a las secciones Extranervosae, Heteranthae y Arachis*. Instituto de Botánica del Nordeste (IBONE) - UNNE-CONICET: Corrientes, Argentina.
- Leal, J. F. V., Hernández, R. I., Méndez, G. D. J., Cuellar, N. L. y Mosquera, A. J. D. (2017). Relación entre la composición química de la semilla y la calidad de aceite de doce accesiones de *Ricinus communis* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(6), 1343-1356.
- León, Y., Martínez, R., Dibut, B., Hernández, J. M. y Hernández, B. (2016). Factibilidad económica de la aplicación de inoculantes microbianos en el cultivo del tabaco negro. *Cultivos Tropicales*, 37(1), 28-33.
- Liu, D. Y., Li, M., Sun, W. X., y Liu, R. J. (2016). Selection of combinations of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting rhizobacteria against cucumber Fusarium wilt disease. *Acta Phytopathologica Sinica*, 46(6), 821-832.
- Lloor, V. V. R. y Pinargote, S. L. J. (2017). *Influencia del uso combinado de micorrizas (Glomus sp.) y roca fosfórica sobre la productividad del cultivo de maní (Arachis hypogaea, L.)*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Manabí. Ecuador.
- Martínez, S. J., Fernández, G. I., Espinosa, P. N., de la Cruz, M. F. R., Martínez, V. B. B. y Hernández, C. M. C. (2013). *Características físicas y químicas del aceite de cacahuete de diferentes variedades cultivadas en Chiapas*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. Folleto Técnico No. 16. 35 p.
- Martínez, V. B., Solís, B. J. L. y Zamarripa, A. (2011). *Calidad agroindustrial del aceite de higuierilla (Ricinus communis L.) para la producción de bioenergéticos*.

- Nota de investigación. Proyecto Desarrollo de Tecnologías Sustentables de Producción de Insumos Competitivos para la Obtención de Biocombustibles en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuarias.
- Martín, G. M. y Rivera, R. (2015). Influencia de la inoculación micorrízica en los abonos verdes. Efecto sobre el cultivo principal. Estudio de caso: el maíz. *Cultivos Tropicales*, 36, 34-50.
- Martín, M.G., Tamayo, A. Y., Ramírez, P. J. F., Varela, N. M. y Rivera, E. R. (2017). Relación entre la respuesta de Canavalia ensiformis a la inoculación micorrízica y algunas propiedades químicas del suelo. *Cultivos Tropicales*, 38(3), 24-29.
- Medina-García, L. R. (2016). La agricultura, la salinidad y los hongos micorrízicos arbusculares una necesidad, un problema y una alternativa. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 42-49.
- Melián, N. A. (2017). Reutilización de agua para la agricultura y el medioambiente. *Agua y Territorio*, 8, 80-92.
- Minag. (2015). *Cultivos y técnicas para su producción*. Ministerio de la agricultura. UEICA-H, PIAL, Las Tunas. p. 18-20.
- Molinet, D., Santiesteban, R. y Fonseca, R. (2015). Respuesta del cultivo del maní a la nutrición biológica sobre un suelo fluvisol poco diferenciado de la provincia Granma. *Granma Ciencia*, 19(3).
- Moreno, Á. A. T. (2017). Uso de abonos orgánicos para el desarrollo sustentable de la Escuela Técnica Agronómica Salesiana. *Scientific*, 2(3), 99-117.
- Mujica, P., Y., Medina, C. A. y Rodríguez, G. E. (2017). Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares y bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.). *Cultivos Tropicales*, 38(2), 15-21.
- Núñez, C. E. (2008). *Extracciones con Soxhlet*. <https://www.yumpu.com/es/document/view/48898557/extracciones-con-equipo-soxhlet-cenunezcomar>
- Oehl, F., Laczko, E., Bogenrieder, A., Stahr, K., Bösch, R. y van der Heijden M. (2010). Soil type and land use intensity determine the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Soil Biol. Biochem.*, 42(5), 724-38.
- Paredes, S. B. y Zonta, A. (2015). Desarrollo inicial de plantas de Cupuazú (*Theobroma grandiflorum*) con corrección de acidez del suelo y aplicación de micorrizas. *Revista Científica Agrociencias Amazonía*, 5, 23-28.
- Pascual, Ch. G., Molina, M. S., Morales, S. C., Valdivia, G. K. y Quispe, J. F. (2006). Extracción y caracterización de aceite de diez entradas de semilla de maní (*Arachis hypogaea*, L.) y elaboración de maní bañado con chocolate. *Mosaico Científico*, 3(1), 12-25.
- Pathak, D. V. y Kumar, M. (2016). *Microbial inoculants as biofertilizers and biopesticides*. En: Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity. D. P. Singh, H. B. Singh & R. Prabha (Eds.).
- Pedelini, R. (2012). *Maní. Guía práctica para su cultivo*. Boletín de divulgación técnica Nro 2. Segunda edición. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.
- Pereira, G., Sánchez, M., Ríos, D. y Herrera, M. A. (2001). Micorrizas vesículo arbusculares y su incidencia en el crecimiento de plántulas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. *Bosque*, 22(2), 39-44.
- Pérez, A., Sierra, J. R. y Montes, V. D. (2011). Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el Caribe Colombiano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 3(2), 366-385.
- Phillips, J. & Hayman, D. (1970). Improved procedures for clearing roots and vesicular-arbuscular fungi for rapid assessment of the infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55, 158-161.
- Porras, S. A., Soriano, M. M. L., Porras, P. A. y Azcón, R. (2009). Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. *Journal of Plant Physiology*, 166(13), 1350-1359.
- Pupo, C., González, G., Carmenate, O., Peña, L., Pérez, V. y Rodríguez, E. (2016). Respuesta del cultivo del ajo (*Allium sativum*, L.) a la aplicación de dos bioproductos en las condiciones edafoclimáticas del centro este de la provincia Las Tunas, Cuba. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 57-66.
- Quintero, J. A. (2014). *Efecto de la fertilización y el riego, en la sanidad y rendimientos agrícolas en maní (Arachis hypogaea, L.)*. (Tesis de pregrado). Universidad Central de Las Villas, Villa Clara, Cuba.
- Rivera, E. R., Fernández, S. K., Ruiz, M. L., González, C. P. J. y Martín, A. G. (2014). *Beneficios y factibilidad del modelo planta micorrizada eficientemente como elemento constitutivo de la producción agrícola*. En: XIX Congreso Científico Internacional, Ed. Ediciones Inca, Mayabeque, Cuba.
- Rivera, E. R., Nápoles, M. C. y Espinosa, A. (2013). *Manejo conjunto e impacto de biofertilizantes micorrízicos y otros bioproductos en la producción agrícola de diferentes cultivos*. Anexo informe anual del megaproyecto. p. 18.
- Rodríguez, Y. J., Arias, P. L., Medina, C. A., Mujica, P. Y., Medina, G. L. R., Fernández, S. K. y Mena, E. A. (2015). Alternativa de la técnica de tinción para determinar la colonización micorrízica. *Cultivos Tropicales*, 36(2), 18-21.
- Sánchez de Práguer, M., Posada, R., Velázquez, D. y Narváez, M. (2010). Metodologías básicas para el trabajo con micorriza arbuscular y hongos formadores de micorriza arbuscular. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

- Sánchez, S., Hernández, M. y Ruz, F. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes*, 34(4), 375-392.
- Saxena, B., Shukla, K. y Giri, B. (2017). *Arbuscular mycorrhizal fungi and tolerance of salt stress in plants*. In: *Arbuscular Mycorrhizas and Stress Tolerance of Plants* p. 67-97. Springer Singapore.
- Smith, S. y Read, D. (2008). *Colonization of roots and anatomy of arbuscular mycorrhiza*. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press: London. p. 42-90.
- Tena, A. R., Aguilar, E. E. Q., Enríquez, G. R. y Pérez, L. L. (2016). Micorrización en *Capsicum annuum* L. para promoción de crecimiento y bioprotección contra *Phytophthora capsici* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(4), 857-870.
- Torres de los Santos, R. (2014). *Papel de la interacción del etileno y el fósforo como agentes reguladores de la formación de micorriza arbuscular en tomate*. Editorial Universidad de Granada. 282 p.
- Venkatachalam, M. y Sathe, S. (2006). Chemical composition of selected edible nuts seeds. *J. Agric. Food Chem.*, 54, 4705-4714.
- Viera, W., Campaña, D., Castro, S., Vásquez, W., Viteriy, P. y Zambrano, J. (2017). Effectiveness of the arbuscular mycorrhizal fungi use in the cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) seedlings growth. *Acta Agron.*, 66(2), 207-213.
- Vitorazi Filho, J. A., Mendonça Freitas, M. S., Martins, M. A., dos Santos, P. C. y Cordeiro de Carvalho, A. J. (2017). Arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate fertilization on star fruit tree seedlings. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 12(1), 14-19.
- Waters, M. T., Brewer, P. B., Bussell, J. D., Smith, S. M. y Beveridge, C. A. (2012). The Arabidopsis ortholog of rice DWARF27 acts upstream of MAX1 in the control of plant development by strigolactones. *Plant Physiology*, 159(3), 1073-1085.
- Yadav, A. y Aggarwal, A. (2015). The associative effect of arbuscular mycorrhizae with *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* in promoting growth, nutrient uptake and yield of *Arachis hypogaea* L. *New York Science Journal*, 8(1), 101-107.
- Zapata, N., Vargas, M. & Vera, F. (2012). Crecimiento y productividad de dos genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.) según densidad poblacional establecidos en Ñuble, Chile. *IDESIA*, 30(3), 47-54.

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Gladia González Ramírez	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Carlos Pupo Feria	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Yamile Batista Yero	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Maricela Pérez Méndez	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.



Especies arvenses en plantaciones de melina (*Gmelina arborea* Roxb.) en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador

Weed species in melina (*Gmelina arborea* Roxb.) plantations in the province of Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador

Autores

- ✉ ¹*José Cedeño Zambrano
- ✉ ¹Priscila Bautista Zambrano
- ✉ ¹Edwin Miguel Jiménez Romero
- ✉ ²John Pinargote Álava
- ✉ ¹Camilo Mestanza Uquillas
- ✉ ³Aurelio Díaz Herraiz

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo-(UTEQ), Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

²Egresado de la Universidad de Córdoba-(UCO), Córdoba, España.

³Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas: Humaitá, Amazonas, Brasil.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Cedeño Zambrano, J., Bautista Zambrano, P., Jiménez Romero, E. M., Pinargote Álava, J., Mestanza Uquillas, C. y Díaz Herraiz, A. (2022). Especies arvenses en plantaciones de melina (*Gmelina arborea* Roxb.) en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *La Técnica*, 12(1), 22-31. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i27.4045

Recibido: Octubre 01, 2021

Aceptado: Diciembre 19, 2021

Publicado: Enero 05, 2022

Resumen

Las arvenses pueden llegar a interactuar directa o indirectamente con los cultivos, ofreciendo un gran espectro de funciones agronómicas y ecológicas. A razón de ello, esta investigación tuvo como objetivo identificar la diversidad de especies arvenses en plantaciones de *Gmelina arborea* Roxb. (Melina), de tres, cuatro y cinco años, establecidas en la hacienda "La Evelina" del cantón La Concordia, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Se aplicó el método de área mínima donde se encontró un total de 32 especies en las 12 unidades de muestreo del sitio de estudio. Se registraron datos cuantitativos y cualitativos tales como: nombres científicos, hábitos, abundancia por especie, así como las coordenadas correspondientes a cada sitio. Para el análisis de diversidad se calcularon parámetros como: abundancia absoluta, también se utilizaron los índices de Jaccard, Shannon y Simpson y el método de área mínima según Braun Blanquet. Se encontraron 11.595 individuos en 32 especies, de las cuales la más abundante fue *Asystasia gangetica*. El índice de Shannon y el índice de Simpson determinaron una diversidad media en dos sitios de estudio y diversidad baja en un sitio. Finalmente, la ejecución del análisis de diversidad permitió determinar que la comunidad de especies arvenses va a depender del nivel de predominancia de la plantación de Melina, por lo que conforme incrementa su edad, menor es la cantidad de especies arvenses por unidad de superficie.

Palabras clave: arvenses; Melina; diversidad; análisis; interacciones.

Abstract

Weeds can interact directly or indirectly with crops, offering a wide range of agronomic and ecological functions. Therefore, the objective of this research was to identify the diversity of weed species in plantations of *Gmelina arborea* Roxb. (Melina), three, four and five years old, established in "La Evelina" farm in La Concordia canton, province of Santo Domingo de los Tsáchilas. The minimum area method was applied and a total of 32 species were found in the 12 sampling units of the study site. Quantitative and qualitative data were recorded such as: scientific names, habits, abundance per species, as well as the coordinates corresponding to each site. For the diversity analysis, parameters such as absolute abundance were calculated, as well as the Jaccard, Shannon and Simpson indices and the minimum area method according to Braun Blanquet. A total of 11,595 individuals were found in 32 species, of which the most abundant was *Asystasia gangetica*. The Shannon Index and Simpson Index determined a medium diversity in two study sites and low diversity in one site. Finally, the execution of the diversity analysis allowed us to determine that the community of weed species will depend on the level of predominance of the Melina plantation, so that as its age increased, the lower the number of weed species per unit area.

Keywords: arvenses; Melina; diversity; analysis; interactions.

Variables en estudio**Abundancia absoluta (Aa)**

La abundancia absoluta expresó el número total de individuos de cada especie existentes en el área de estudio.

Curva de acumulación de especies

Mostró de manera gráfica el incremento del número de especies en las UM, lo cual permitió estimar la calidad del inventario tomando en consideración el esfuerzo de muestreo.

Índice de Shannon - Weiner (H')

El índice de Shannon midió la diversidad de las especies, considerando su uniformidad. Se calculó aplicando la siguiente fórmula:

Siendo:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

S: número de especies.

p_i : proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (abundancia relativa de la especie $i = n_i/N$).

n_i : número de individuos de la especie i .

N: número de todos los individuos de todas las especies.

Los resultados se interpretaron empleando la siguiente escala de significancia (tabla 1) (Mora, 2017).

Tabla 1. Escala para la interpretación de resultados del índice de Shannon-Weiner (H').

Valores	Interpretación
0 - 0,35	Diversidad baja
0,36 - 0,75	Diversidad media
>0,76 - 1	Diversidad alta

Índice de Simpson (S)

El índice de Simpson consideró la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de las unidades de muestreo pertenecieran a la misma especie, indicando la relación existente entre riqueza o número de especies y la abundancia o número de individuos por especie (tabla 2), representados como:

$$S = 1/s (P_i)^2$$

Dónde:

S: índice de Simpson

1/s: probabilidad que individuos al azar de una población provinieran de la misma especie.

P_i : Proporción de individuos pertenecientes a la misma especie.

Para evaluar el índice de Simpson se consideró niveles de interpretación que se detallan en la tabla 2 (Mora, 2017).

Tabla 2. Escala para la interpretación de resultados del índice de Simpson (S).

Valores	Interpretación
0 - 0,5	Diversidad baja
0,6 - 0,9	Diversidad media
1	Diversidad alta

Índice de Jaccard

El índice de Jaccard utilizó datos de presencia/ausencia, que relacionaron el número de especies comunes y el número total de especies muestreadas cuando se compararon dos o más comunidades, de acuerdo con la siguiente fórmula (Mora, 2017):

$$IJ (\%) = \frac{C}{A + B - C} \times 100$$

Dónde:

IJ: índice de Jaccard (%).

A: número de especies en la comunidad A.

B: número de especies en la comunidad B.

C: número de especies comunes en ambas comunidades.

Resultados**Abundancia de especies arvenses por familias**

Los resultados indicaron que en las 12 unidades de muestreo se encontraron presentes 28 familias y tres indeterminadas que incluyeron 32 géneros, y 32 especies con un total de 11.595 individuos (figura 2), siendo la mayoría de hábito herbáceo, lo cual se puede atribuir a los antecedentes pastoriles que tiene la hacienda "La Evelina", previo al establecimiento de los bosques de Melina.

Presencia de arvenses

La presencia de arvenses difirió entre año a año, siendo la plantación de 3 años la que mayor diversidad presentó con un registro de 26 especies. Seguido se encontró la plantación de 4 años con un total de 21 especies, mientras que, la plantación con un menor registro fue la de 5 años con un valor total de 14 especies (tabla 3).

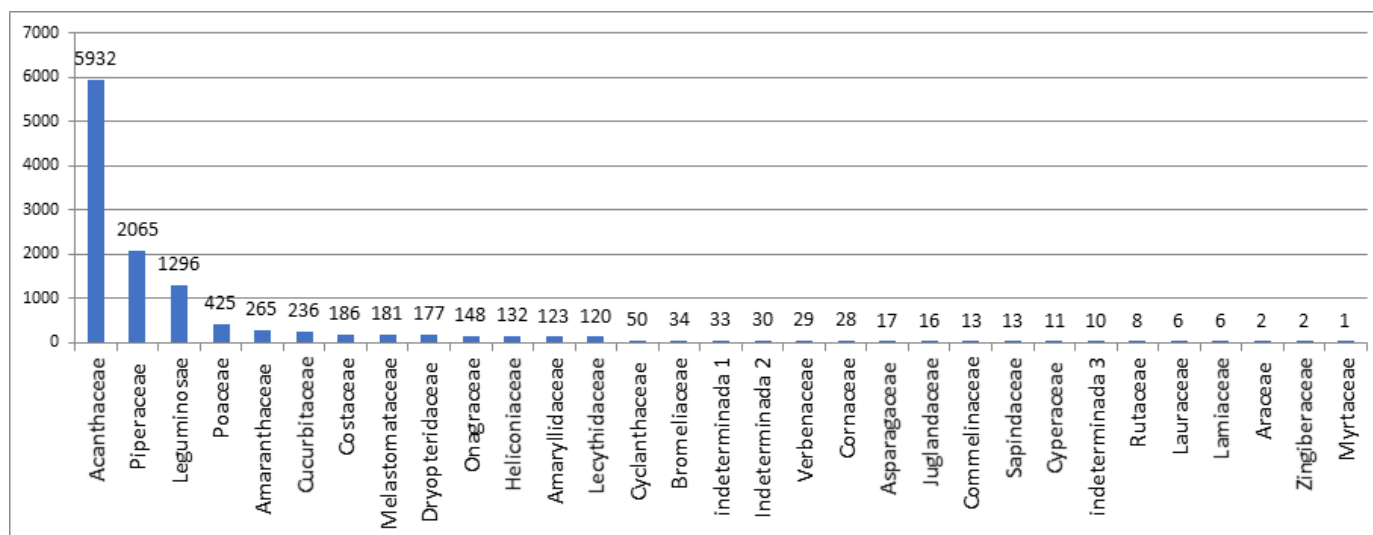


Figura 2. Número de individuos encontrados por familias de las 12 unidades de muestreo de la Hacienda “La Evelina” del cantón La Concordia, Ecuador, año 2019.

Abundancia absoluta

Se identificaron 32 especies de arvenses con un total de 11.595 individuos, las especies con mayor número de individuos fueron: *A. gangetica* con 5.932, seguida de *P. peltatum* con 2.065 individuos. En contraste, las especies que presentaron menor número de individuos fueron *P. guajava* con un individuo y *H. coronarium* con dos individuos. Un punto importante a considerar fue la tendencia al incremento de la densidad de especies y la disminución de la diversidad conforme aumentó la edad de las plantaciones, lo cual se vio reflejado en las plantaciones de 4 y 5 años (tabla 4).

Curva de especies de área acumulada en la plantación de Melina de 3 años, de la hacienda “La Evelina”, cantón la Concordia, Ecuador, noviembre del 2019

En las cuatro UM de la plantación de Melina de tres años, el área mínima de la interpolación en el eje X donde se alcanzó la asíntota fue el área de 256 m², llegándose a registrar un total de 26 especies (figura 3).

Curva de especies de área acumulada en plantaciones de Melina de 4 años de la hacienda “La Evelina”, cantón la Concordia, Ecuador, noviembre del 2019

En las UM de la plantación de Melina de cuatro años, el área mínima de la interpolación en el eje X donde se alcanzó la asíntota fue el área de 128 m², llegándose a registrar un total de 21 especies (figura 4).

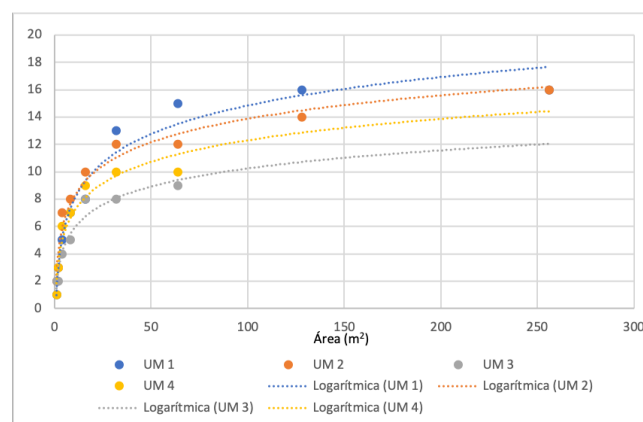


Figura 3. Curva de acumulación de especies arvenses por unidades de muestreo en la hacienda “La Evelina” en plantaciones de Melina de 3 años en el cantón La Concordia, Ecuador, noviembre de 2019.

Curva de especies de área acumulada en plantaciones de Melina de 5 años, de la hacienda “La Evelina”, cantón la Concordia, Ecuador, noviembre de 2019

En las UM de la plantación de Melina de 5 años, el área mínima de la interpolación en el eje X donde se alcanzó la asíntota fue el área de 64 m², llegándose a registrar un total de 14 especies (figura 5).

Tabla 3. Presencia y ausencia de especies arvenses en la hacienda “La Evelina” en plantaciones de Melina de 3, 4 y 5 años. Concordia, Ecuador, noviembre de 2019.

Especies	Hábito	Plantación de 3 años	Plantación de 4 años	Plantación de 5 años
<i>Achyranthes aspera</i> L.	Herbácea	X	X	
<i>Allium ursinum</i> L.	Herbácea	X	X	X
<i>Alocasia macrorrhizos</i> (L.) G. Don	Herbácea		X	
<i>Arundo donax</i> L.	Herbácea	X		
<i>Asystasia gangetica</i> (L.) T. Anderson	Herbácea	X	X	X
<i>Carludovica palmata</i> Ruiz & Pav.	Herbácea		X	
<i>Chenopodium album</i> L.	Herbácea	X		X
<i>Circaea lutetiana</i> L.	Herbácea	X	X	X
<i>Citrus x limonia</i>	Arborescente		X	X
<i>Clidemia hirta</i> (L.) D. Don	Arbustiva	X	X	X
<i>Clinopodium vulgare</i> L.	Herbácea	X		
<i>Commelina erecta</i> L.	Herbácea	X		X
<i>Cornus canadensis</i> L.	Guiadora	X		
<i>Costus spiralis</i> (Jacq.) Roscoe	Herbácea	X	X	X
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	Arborescente		X	
<i>Cyperus alternifolius</i> L.	Cespitosa	X		
<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott	Herbácea	X	X	
<i>Gustavia pubescens</i> Ruiz & Pav. ex O. Berg	Arborescente		X	
<i>Guzmania monostachia</i> (L.) Rusby ex Mez	Herbácea	X	X	X
<i>Hedychium coronarium</i> J. Koenig	Cespitosa			X
<i>Heliconia</i> sp.	Herbácea	X	X	
Indeterminada 1	-	X		
Indeterminada 2	-	X		
Indeterminada 3	-	X		
<i>Juglans regia</i> L.	Arborescente	X		
<i>Lantana camara</i> L.	Arbustiva	X	X	X
<i>Maianthemum racemosum</i> (L.) Link	Herbácea	X		
<i>Mimosa pudica</i> L.	Herbácea		X	
<i>Momordica charantia</i> L.	Herbácea	X	X	
<i>Persea americana</i> Mill.	Arborescente		X	
<i>Piper peltatum</i> L.	Arbustiva	X	X	
<i>Psidium guajava</i> L.	Arborescente			X
<i>Pueraria montana</i> (Lour.) Merr.	Guiadora	X	X	X
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Herbácea	X	X	X
<i>Tibouchina urvilleana</i> (DC.) Cogn.	Arbustiva	X		
Total		26	21	14

Curva de especies de área acumulada en plantaciones de Melina de 5 años, de la hacienda “La Evelina”, cantón la Concordia, Ecuador, noviembre de 2019

En las UM de la plantación de Melina de 5 años, el área mínima de la interpolación en el eje X donde se alcanzó la asintótica fue

el área de 64 m², llegándose a registrar un total de 14 especies (figura 5).

Riqueza y diversidad de especies arvenses en plantaciones de Melina

Una mayor diversidad de especies arvenses se encontró en la plantación de Melina de tres años, con 26 especies. En cuanto

Tabla 4. Abundancia absoluta de especies arvenses en las plantaciones de Melina de 3, 4 y 5 años. Hacienda “La Evelina”, cantón La Concordia, Ecuador, noviembre de 2019.

Especies	Plantación de 3 años	Plantación de 4 años	Plantación de 5 años	Suma
<i>Achyranthes aspera</i> L.	90	83	0	173
<i>Allium ursinum</i> L.	14	102	7	123
<i>Alocasia macrorrhizos</i> (L.) G. Don	0	2	0	2
<i>Arundo donax</i> L.	6	0	0	6
<i>Asystasia gangetica</i> (L.) T. Anderson	705	189	5038	5932
<i>Carludovica palmata</i> Ruiz & Pav.	0	50	0	50
<i>Chenopodium album</i> L.	63	0	29	92
<i>Circaea lutetiana</i> L.	13	112	23	148
<i>Citrus x limonia</i>	0	6	2	8
<i>Clidemia hirta</i> (L.) D. Don	27	124	23	174
<i>Clinopodium vulgare</i> L.	6	0	0	6
<i>Commelina erecta</i> L.	10	0	3	13
<i>Cornus canadensis</i> L.	28	0	0	28
<i>Costus spiralis</i> (Jacq.) Roscoe	92	48	46	186
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	0	13	0	13
<i>Cyperus alternifolius</i> L.	11	0	0	11
<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott	25	152	0	177
<i>Gustavia pubescens</i> Ruiz & Pav. ex O. Berg	0	120	0	120
<i>Guzmania monostachia</i> (L.) Rusby ex Mez	3	4	27	34
<i>Hedychium coronarium</i> J. Koenig	0	0	2	2
<i>Heliconia</i> sp.	62	70	0	132
indeterminada 1	33	0	0	33
indeterminada 2	30	0	0	30
indeterminada 3	10	0	0	10
<i>Juglans regia</i> L.	16	0	0	16
<i>Lantana camara</i> L.	7	10	12	29
<i>Maianthemum racemosum</i> (L.) Link	17	0	0	17
<i>Mimosa pudica</i> L.	0	14	0	14
<i>Momordica charantia</i> L.	59	177	0	236
<i>Persea americana</i> Mill.	0	6	0	6
<i>Piper peltatum</i> L.	972	1093	0	2065
<i>Psidium guajava</i> L.	0	0	1	1
<i>Pueraria montana</i> (Lour.) Merr.	483	414	385	1282
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	68	11	340	419
<i>Tibouchina urvilleana</i> (DC.) Cogn.	7	0	0	7
Total	2.857	2.800	5.938	11.595

a la plantación de 4 años se encontraron 21 especies; y en la plantación de 5 años 14 especies. En cuanto a la cantidad total de individuos, en la presente investigación se determinó que la plantación de Melina de 5 años presentó el registro más alto, con una cifra de 5.938 individuos, mientras en menor cantidad se presentó la plantación de cuatro años con 2.800 individuos (tabla 5).

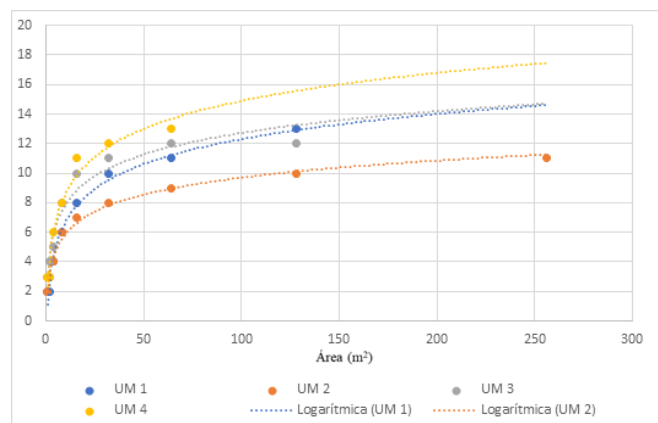


Figura 4. Curva de acumulación de especies arvenses por unidades de muestreo en la hacienda “La Evelina” en plantaciones de Melina de 4 años en el cantón La Concordia, Ecuador, noviembre del 2019.

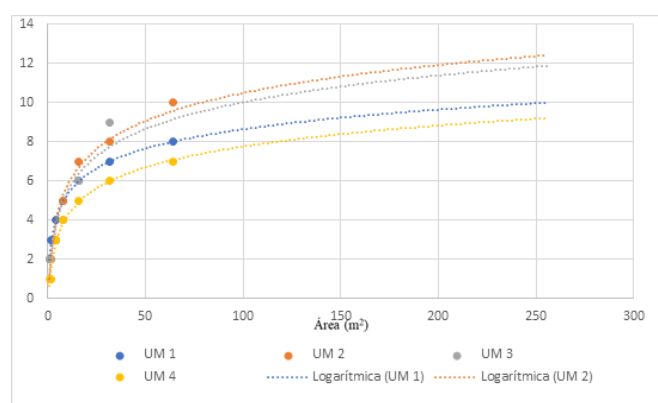


Figura 5. Curva de acumulación de especies arvenses por unidades de muestreo en la hacienda “La Evelina” en plantaciones de Melina de 5 años en el cantón La Concordia, Ecuador, noviembre del 2019.

Tabla 5. Especies, individuos, dominancia e índices de diversidad de plantas arvenses registradas en plantaciones de Melina de 3, 4 y 5 años, Hacienda “La Evelina”, cantón La Concordia, Ecuador, noviembre de 2019.

Indicadores	Plantación de 3 años	Plantación de 4 años	Plantación de 5 años
Especies	26	21	14
Individuos	2857	2800	5938
Dominancia	0,210	0,195	0,728
Simpson	0,790	0,805	0,273
Shannon	0,624	0,709	0,244

En cuanto a la dominancia de las especies, la plantación de 5 años prevaleció con 0,728. Mientras, la plantación con menor dominancia se trató de la plantación de 4 años con 0,195. El índice de Simpson efectuado en los sitios de estudios expuso valores de diversidad media en las plantaciones de 3 y 4 años con 0,790 - 0,805, y diversidad baja para la plantación de 5 años con 0,273 (Tabla 5).

Así mismo, los valores de diversidad de Shannon demostraron una diversidad media, en las plantaciones de 3 y 4 años con valores de 0,624 y 0,709, respectivamente, y una diversidad baja para la plantación de 5 años con 0,244 (Tabla 5). Por lo que, teniendo como base los valores registrados se podría indicar que hubo consistencia entre ambos índices (Simpson y Shannon).

Índice de Jaccard

El análisis de Jaccard reportó mayor similitud entre las plantaciones de 4 y 3 años con 0,424%, mientras que la menor similitud se dio entre la plantación de 5 años y la plantación de 3 años con 0,37931% (Tabla 6).

Tabla 6. Matriz de similitud de Jaccard correspondiente a la hacienda “La Evelina” en plantas de 3, 4 y 5 años. Cantón La Concordia, Ecuador, noviembre de 2019.

Matriz de similitud de Jaccard	Plantación de 3 años	Plantación de 4 años	Plantación de 5 años
Plantación de 3 años	1	0,424	0,379
Plantación de 4 años		1	0,4
Plantación de 5 años			1

Discusión

Similar a los resultados obtenidos en la abundancia de familias arvenses en el presente estudio, autores como Sánchez (2019), atribuyó la alta heterogeneidad de familias de arvenses encontradas en plantaciones como la teca (*Tectona grandis*) al historial agrícola o pastoril de los suelos. Por otro lado, la presencia de estas va a depender de la edad de las plantaciones de interés comercial, por lo menos así se pudo apreciar en la investigación de Albán (2018), quien al evaluar la abundancia de arvenses en plantaciones de teca, pudo constatar que conforme fueron más longevas obtuvieron un mayor número de individuos en relación a cuando se trataron de plantaciones más jóvenes, tal y como sucedió en el presente estudio.

En cuanto a la abundancia absoluta se pudo observar que *A. gangetica* fue la especie con mayor número de individuos en este estudio, mientras que en el trabajo de Arevalo (2018), la especie con mayor número de individuos fue *Acalypha alopecuroides* con 323 individuos, ambas de propagación sexual. Su amplia presencia y distribución en ambos casos podría deberse a la ejecución de labores culturales requeridas durante en el manejo de los lotes, lo cual permitiría un mayor alcance de los individuos (Gámez et al., 2014).

En contraste a los resultados observados en las curvas de especies de área acumulada en las distintas plantaciones evaluadas en este trabajo y en investigaciones como las de Albán (2018), Arevalo (2018) y Osorio (2019), se determinó que no necesariamente a mayor superficie de terreno se encontró un mayor número de especies, pues tal y como indicaron Jiménez et al. (2020) “estos valores dependieron de las condiciones edafoclimáticas de los sitios y patrones propios de cada especie, como ciclo de vida, vector de dispersión, tipo de planta, forma de propagación, viabilidad de las semillas, entre otros”.

En cuanto a la diferencia de los resultados de riqueza y diversidad de especies arvenses obtenidos en las tres plantaciones estudiadas, podría deberse a la heterogeneidad en las condiciones presentes en cada plantación, debido a que, durante los primeros estadios fenológicos, hubo una menor competencia por la luz, agua y nutrientes, lo cual desembocó en una mayor presencia de arvenses, a diferencia de plantaciones de 4 y 5 años, donde al tratarse de plantas más adultas impidieron el paso de la luz y demás nutrientes, lo cual complicó el crecimiento de las especies arvenses. Dicho patrón guardó similitud a lo evidenciado en trabajos como el de Tzuc et al. (2017) quienes encontraron una menor biomasa, densidad y diversidad de especies arvenses frente la presencia de especies arbóreas de gran tamaño, de las cuales señalaron influyeron también la forma y disposición de sus hojas.

Respecto a la dominancia, es posible atribuir la prevalencia de *A. gangetica* abundante en la plantación de 5 años y *P. peltatum* en las plantaciones de 3 y 4 años, a su capacidad de regeneración, adaptación y dispersión agresiva en cada uno de los medios (Lujan et al., 2011; Soto, 2015). Igualmente podría haberse dado por la presión de selección a causa de las actividades humanas a través de las labores culturales, lo cual promovió la diversidad y aumentó la dominancia de determinadas especies (Cardenal et al., 2016).

De acuerdo con los valores reflejados entre los sitios muestreados y su evidente heterogeneidad se podría indicar que la incidencia tuvo lugar por dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa, el grado de incertidumbre se asoció a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad (Casanova, 2019). Frente a ello, Ramos et al. (2011) aseguró, que la baja similitud y la diferencia en índices como el de Shannon-Weiner entre plantaciones podría ser una evidencia en el uso de productos herbicidas, los cuales incidieron en la proliferación o no de determinadas especies, así como el intervalo de tiempo para el control de arvenses.

Finalmente, los resultados obtenidos en la matriz de similitud de Jaccard podrían tener respuesta en la investigación de Rivera et al.

(2021) quienes sugirieron que, un mayor porcentaje de similitud entre parcelas podría deberse a la proximidad geográfica entre estas, pues aquello favoreció la dispersión de especies. Por otro lado, el mismo autor, mencionó que una mayor similitud en este índice, a causa de la alta abundancia de determinadas especies, sumado a un menor registro de especies totales registradas, podría estar causada por el uso de productos herbicidas, los cuales pese a usarse en bajas dosis, reduce la riqueza y diversidad de las especies. En base a estos dos factores de notable incidencia, se podría atribuir que en el presente estudio la similitud dada entre las plantaciones de 4 y 3 años podría deberse a aspectos como el tamaño que habían registrado los árboles a la fecha y el porcentaje de sombra que generaban.

Conclusiones

De las familias botánicas identificadas, Acanthaceae y Piperaceae son las de mayor abundancia en las plantaciones de Melina estudiadas. Además, la presencia/ausencia de arvenses en plantaciones de *G. arborea* está influenciada por las características de la plantación (por ejemplo: la edad del cultivo). No obstante, cuando estas características se asemejan, la riqueza de arvenses sigue este mismo patrón de similitud.

Conflicto de intereses

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

Referencias bibliográficas

- Albán, M. (2018). *Diversidad de especies arvenses en plantaciones de Tectona grandis L. f. (teca) de 2 a 8 años de edad en la época seca de los cantones Balzar y Pichincha, año 2018*. [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3024/3/T-UTEQ-0059.pdf>
- Álvarez, W. (2014). *Evaluación del crecimiento dasométrico de Gmelina arborea Roxb (Melina) procedente de Costa Rica y Ecuador, en la comuna el Cóndor del cantón Valencia provincia de Los Ríos, II fase*. [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3013/4/T-UTEQ-0051.pdf>
- Amaro, O., Lezcano, J. y Suris, M. (2019). Relación ecológica plantas arvenses-entomofauna beneficiosa en sistemas silvopastoriles del occidente de Cuba. *Pastos y Forrajes*, 42(1), 48-56. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v42n1/2078-8452-pyf-42-01-48.pdf>
- Arevalo, K. (2018). *Diversidad de especies arvenses en plantaciones de Tectona grandis (teca) en diferentes estadios temporales de 9 a 18 años en la época seca en*

- la zona de los cantones Balzar y Palenque, año 2018. [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3020/4/T-UTEQ-0058.pdf>
- Blanco, Y. (2016). El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 34-56. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10964.19844>
- Blanco, Y., Leyva, Á. y Castro, I. (2014). Determinación del período crítico de competencia de arvenses en el cultivo del maíz (*Zea mays*, L.). *Cultivos Tropicales*, 35(3), 62-69. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n3/ctr07314.pdf>
- Brown, C. (2000). *Perspectivas mundiales del suministro futuro de madera procedente de plantaciones forestales*. FAO. <http://www.fao.org/3/X8423S/X8423S00.htm>
- Caballero, B., Blanco, J., Pérez, N., Michelena, J., Pujade, J., Guerrieri, E., Sánchez, J. and Sans, X. (2012). Weeds, aphids, and specialist parasitoids and predators benefit differently from organic and conventional cropping of winter cereals. *Journal of Pest Science*, 85, 81-88. <https://doi.org/10.1007/s10340-011-0409-7>
- Canizales, S., Celemin, J. y Mora, J. (2010). Diversidad y uso de arvenses en pasturas de fincas ganaderas del Alto Magdalena (Tolima, Colombia). *Zootecnia Tropical*, 28(3), 427-437.
- Cardenal, Z., Torres, D., Dotor, M. y Morillo, A. (2016). Caracterización del banco activo de semillas en cultivos de zanahoria del municipio de Villa Pinzón (Cundinamarca). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(2), 297-306. <https://doi.org/10.31910/rudca.v19.n2.2016.83>
- Casanova, A. (2019). *Diversidad y similitud de arvenses en plantaciones forestales de Gmelina arborea Roxb. (melina) en la zona central del litoral ecuatoriano, año 2019*. [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4081/1/T-UTEQ-0109.pdf>
- Cedeño, M. (2020). *Incremento medio anual en tres tratamientos con control de arvenses en plantaciones de Gmelina arborea Roxb. y Tectona grandis L.f. en las provincias de Los Ríos y Santo Domingo de los Tsáchilas*. [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5311/1/T-UTEQ-0093.PDF>
- Da Ponte, E. y Salas, P. (2013). Control de malezas en plantaciones forestales con el uso de glyphosato y sulfato de amonio. *Investigación Agraria*, 11(1), 54-59. <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/41/38>
- Gámez, A., De Gouveia, M., Álvarez, W. y Pérez, H. (2014). Flora arvense asociada a un agroecosistema tipo Conuco en la comunidad de Santa Rosa de Ceiba Mocha en el estado Guárico. *Bioagro*, 26(3), 177-182. <https://www.redalyc.org/pdf/857/85732357007.pdf>
- Jiménez, E., Crespo, R., Cuaquer, E. y Chevez, A. (2020). Relación de arvenses en plantaciones de *Tectona grandis* L.f. (teca) y su banco de semillas en la zona central del litoral ecuatoriano. *Centrosur*, 1(7), 69-91. <https://centrosuragraria.com/index.php/revista/article/download/38/84/123>
- Jiménez, L. (2016). *El cultivo de la melina (Gmelina arborea Roxb) en el trópico*. D. Andrade (Ed.). Primera edición. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5200169.pdf>
- Lujan, M., Gutierrez, N. y Gaviria, J. (2011). *Asystasia gangetica* (L.) T. Anders. subsp. *micrantha* (NEES) *ensermu* (Acanthaceae), un nuevo reporte para Venezuela. *Ernstia*, 21(2), 131-137. https://www.researchgate.net/publication/236168644_Asystasia_gangetica_L_T_ANDERS_subsp_micrantha_NEES_ENSERMU_Acanthaceae_un_nuevo_reporte_para_Venezuela
- Macías, M. (2019). *Determinación del agente causal de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste de Gmelina arborea Roxb. en el Trópico Húmedo Ecuatoriano*. [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3013/4/T-UTEQ-0051.pdf>
- Martínez, H. (2015). *Especies para sistemas agroforestales: condiciones para su cultivo "Fomento de la reforestación comercial para la mejora y conservación de las reservas de carbono"*. pp. 306. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, Forest Monitoring System for REDD+Costa Rica. http://reddcr.go.cr/sites/default/files/centro-de-documentacion/fomento_de_la_reforestacion_comercial_para_la_mejora_y_conservacion_de_las_reservas_de_carbono.pdf
- Mora, E. (2017). *Diversidad de especies arvenses presentes en la ribera del río Guapara cantón Pangua durante la época seca del año 2016*. [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2764/1/T-UTEQ-0043.pdf>
- Oñate, L. (2016). *Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (Zea mays) var. blanco harinoso criollo, bajo las condiciones climáticas del cantón Cevallos*. [Universidad Técnica de Ambato]. http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18305/1/Tesis-116_Ingenieria_Agronomica-CD_371.pdf
- Osorio, K. (2019). *Diversidad y similitud de arvenses en plantaciones forestales de Tectona grandis L.f. (teca) en la zona central del litoral ecuatoriano, año 2019*. [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4083/1/T-UTEQ-0111.pdf>
- Ramos, E., Sánchez, Á., Guerrero, A., Obrador, J. y Carrillo, E. (2011). Efecto de *Arachis pintoi* sobre las arvenses asociadas al plátano macho (*Musa AAB*), Cárdenas, Tabasco, México. *Agronomía Mesoamericana*, 22(1), 51-62. <https://doi.org/10.15517/am.v22i1.8666>

- Rivera, I., Ríos, A., Bravo, D., Bernal, L., Velázquez, Y., de Santiago, J., Lozada, L. Rendón, B. (2021). Riqueza, abundancia y composición de arvenses en parcelas sujetas a diferentes prácticas agrícolas en la Alcaldía de Cuajimalpa, Ciudad de México. *Revista Etnobiología*, 19(1), 129-155. https://www.researchgate.net/publication/351118137_Riqueza_abundancia_y_composicion_de_arvenses_en_parcelas_sujetas_a_diferentes_practicas_agricolas_en_lla_Alcaldia_de_Cuajimalpa_Ciudad_de_Mexico
- Rosado, D. (2019). *Inventario de insectos asociados con arvenses en plantaciones de Gmelina arborea Roxb. (melina) con control químico, mecánico y sin control, en los sectores La Palma del cantón Buena Fé, Yura Yacu, Lulo del cantón Valencia, y San Carlos del cantón Quevedo*. [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4091/1/T-UTEQ-0118.pdf>
- Salazar, L. y Hincapié, E. (2011). *Las arvenses y su manejo en los cafetales*. pp. 102-130. Ceniface. <https://www.ceniface.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo5.pdf>
- Sánchez, J. (2019). *Caracterización del banco de semillas de arvenses en plantaciones forestales de Tectona grandis L.f. (teca) en la zona central del litoral ecuatoriano, año 2019*. [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3753/1/T-UTEQ-0083.pdf>
- Soto, M. (2015). Estudio fitoquímico y cuantificación en flavonoides totales de las hojas de Piper peltatum L. y Piper aduncum L. procedentes de la región Amazonas. *Crescendo Institucional*, 6(1), 105-116. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5127582.pdf>
- Tzuc, R., Casanova, F., Caamal, A., Tun, J., González, N. y Cetzal, W. (2017). Influencia de las especies leñosas en la dinámica de arvenses en sistemas agroforestales en Yucatán, México. *Agrociencia*, 51, 315-328. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n3/1405-3195-agro-51-03-00315.pdf>
- Vélez, J. (2020). *Incremento medio anual en tres tratamientos con control de arvenses en plantaciones de Gmelina arborea Roxb. y Tectona grandis L.f en las provincias de Los Ríos y Guayas*. [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/5980>

Contribución de los autores

Autores	Contribución
José Cedeño Zambrano	Revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Priscila Bautista Zambrano	Preparación y edición del manuscrito, corrección de estilo.
Edwin Miguel Jiménez Romero	Interpretación de los datos y revisión del contenido del manuscrito.
John Pinargote Alava	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Camilo Mestanza Uquillas	Preparación y edición del manuscrito, corrección de estilo.
Aurelio Díaz Herraiz	Análisis de datos y corrección de estilo.



Estabilidad de néctar mix de pulpa de naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*C. reticulata*) con goma xanthan y cmc

Stability of orange (*Citrus sinensis*) and mandarin (*C. reticulata*) pulp nectar mix with xanthan gum and cmc

Autores

- ✉ *Edison Fabián Macías Andrade 
- ✉ Francisco Manuel Demera Lucas 
- ✉ Luisa Ana Zambrano Mendoza 
- ✉ Ely Fernando Sacón-Vera 
- ✉ Julio Vinicio Saltos Solórzano 
- ✉ Byron Antonio Zambrano Mendoza 

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

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Macías Andrade, E. F., Demera Lucas, F. M., Zambrano Mendoza, L. A., Sacón-Vera, E. F., Saltos Solórzano, J. V. y Zambrano Mendoza, B. A. (2022). Estabilidad de néctar mix de pulpa de naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*C. reticulata*) con goma xanthan y cmc. *La Técnica*, 12(1), 32-37. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i27.3897

Recibido: Septiembre 10, 2021

Aceptado: Noviembre 20, 2021

Publicado: Enero 05, 2022

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la estabilidad de un néctar mix de pulpa de naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*C. reticulata*) con goma xanthan y CMC. Los factores en estudio fueron dos: A: tipos de estabilizantes (goma xanthan y CMC) y B: porcentaje de pulpa de naranja y mandarina (50/50, 60/40 y 70/30). El diseño experimental aplicado fue un DCA con arreglo bifactorial A*B (2 x 3), resultando seis tratamientos con tres réplicas por cada uno de ellos. Para cada unidad experimental se emplearon 240 mL de néctar mix, constituido de pulpa, agua, azúcar y estabilizante. Se evaluaron las variables físico-químicas (acidez, pH, densidad y estabilidad), para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SPSS versión 22. Como conclusión el néctar mix de naranja y mandarina evidenció que las variables pH cuyo valor son menores a 4,5 como lo indica la Norma INEN 2337:2008, densidad (1,064 a 1,069 g·mL⁻¹) y 0% de sedimentación presentaron las mejores características físico-químicas en los T1, T2 y T3 empleando goma xanthan.

Palabras clave: cítricos; néctar; naranja.

Abstract

The objective of the present investigation was to evaluate the stability of a nectar mix of orange pulp (*Citrus sinensis*) and mandarin (*C. reticulata*) with xanthan gum and CMC. The factors in studies were two: A: types of stabilizers (xanthan gum and CMC) and B: percentage of orange and mandarin pulp (50/50, 60/40 and 70/30). The experimental design applied was a DCA with a bifactorial arrangement A*B (2 x 3), resulting in six treatments with three replications for each one of them, 240 mL of nectar mix, consisting of pulp, water, sugar and stabilizer, were used for each experimental unit. The physical-chemical variables were evaluated (acidity, pH, density and stability), for the data analysis the statistical program SPSS version 22 was used. In conclusion, the nectar mix of orange and mandarin showed that the pH variables whose value is lower at 4.5 as indicated by the INEN 2337: 2008 Standard, density (1.064 to 1.069 g·mL⁻¹) and 0% sedimentation presented the best physical-chemical characteristics in T1, T2 and T3 using xanthan gum.

Keywords: citrus; nectar; orange.

Introducción

Según el MAGAP (2016) la producción nacional de naranja en el año 2015 aumentó pasando de 114.308 Tn a 116.809 Tn, en relación al año 2014, dicho comportamiento fue similar a la evolución de la producción internacional. La mayor producción del cultivo de naranja se concentró en las provincias de Bolívar, Los Ríos y Manabí. Según Zambrano (2013) Manabí es una provincia especializada en agricultura, con relación al resto del país. El gran tamaño del sector agrícola es un tema clave para el desarrollo de la economía manabita.

Además, este sector agrícola es uno de los más diversos de Ecuador, debido al tamaño de la provincia, la estabilidad climática y la topografía de sus suelos aptos para cultivos. Manabí registra una alta especialización en los productos agrícolas de frutas cítricas como naranja y mandarina, entre otras.

Las frutas dentro de su composición química contienen un alto porcentaje de humedad, en su mayoría superan el 90%, hacen un medio apropiado de vida para los microorganismos, en especial mohos y levaduras. Para conservarlas se requiere de la aplicación de tecnologías apropiadas entre ellas la elaboración de pulpas, néctares, mermelada, secado y osmódeshidratados. Según la INEN 2337 (2008) el néctar de fruta es el producto pulposo o no pulposo sin fermentar, pero susceptible de fermentación, obtenido de la mezcla del jugo de fruta o pulpa, concentrados o sin concentrar o la mezcla de éstos, provenientes de una o más frutas con agua e ingredientes endulzantes o no.

Para optimizar el proceso, fue necesario optar por la mejor tecnología, la cual aseguró el funcionamiento adecuado de la planta de procesamiento; teniendo en cuenta la disponibilidad de materia prima y el mercado consumidor (Guevara, 2015). Además, fue necesario considerar que muchos de los problemas de estabilidad de los néctares tuvieron efectos en sus propiedades fisicoquímicas.

La adición de gomas en néctares y emulsiones de frutas, aportaron viscosidad y como consecuencia actuó como coloide protector contra la acción de enzimas proteolíticas, presentes naturalmente en la pulpa, lo cual contribuyó a mantener en suspensión las finas partículas de “pulpa” que proporcionaron la turbidez a los néctares. La cantidad de estabilizantes que se debe incorporar se calcula según el peso del néctar y las características de la fruta. Las frutas jugosas como la naranja y mandarina requieren mayor cantidad de estabilizante (Castillo, 2012).

Uno de los problemas más frecuentes en la industria procesadora de jugos y néctares se encuentra en la estabilidad de sus productos, tal es el caso de la naranja y mandarina que, aun cuando puede ser muy apetecido en la región, presentó una considerable cantidad

de sólidos en suspensión, provocando que en un tiempo muy corto estos sólidos se precipitaran y se evidenció una notable separación de fases, alterando su estabilidad. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la estabilidad de un néctar mix de pulpa naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*Citrus reticulata*) con goma xanthan y CMC.

Metodología

El desarrollo de esta investigación se efectuó en las instalaciones de los talleres de Procesos de Frutas y Vegetales de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí ESPAM “MFL” y en los laboratorios de Bromatología y Química, ubicados en el área agroindustrial del sitio el Limón, en la ciudad de Calceta, Manabí, Ecuador. El diseño que se aplicó en la investigación fue un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial A*B (2 x 3), con un total de seis tratamientos (tabla 1). Se tomó para esta investigación como unidad experimental 240 mL de néctar mix, constituida de pulpa, agua, azúcar y estabilizante como se observa en la tabla 2.

Tabla 1. Detalle de los tratamientos.

Tratamientos	Códigos	Descripción
1	a1b1	Goma xanthan + 50/50%
2	a1b2	Goma xanthan + 60/40%
3	a1b3	Goma xanthan + 70/30%
4	a2b1	CMC + 50/50%
5	a2b2	CMC + 60/40%
6	a2b3	CMC + 70/30%

Manejo del experimento

Descripción del proceso del néctar mix

Para la descripción del proceso de elaboración del néctar mix se presenta la figura 1.

- **RECEPCIÓN:** consistió en cuantificar las frutas que entran al proceso. Sin partiduras, ni con madurez fisiológica avanzada.
- **SELECCIÓN:** se seleccionó la materia prima verificando que se encuentre libre de elementos extraños, sin daños de insectos o roedores y con el grado de madurez fisiológica con un índice de color de la naranja (3) y mandarina (11) según Bello et al. (2017), siendo las anteriores la madurez adecuada para el proceso; esta etapa se la realizó con la finalidad de obtener un producto sin alteraciones.

Tabla 2. Formulaciones para la elaboración de néctar.

M.P	T1		T2		T3		T4		T5		T6	
	a1b1		a1b2		a1b3		a2b1		a2b2		a2b3	
	%	g	%	G	%	g	%	g	%	G	%	g
Agua	47,1	113,04	47,1	113,04	47,1	113,04	47,1	113,04	47,1	113,04	47,1	113,04
P. de naranja	23,5	56,4	28,2	67,68	32,9	78,96	23,5	56,4	28,2	67,68	32,9	78,96
P. de mandarina	23,5	56,4	18,8	45,12	14,1	33,84	23,5	56,4	18,8	45,12	14,1	33,84
Azúcar	5,7	13,68	5,7	13,68	5,7	13,68	5,7	13,68	5,7	13,68	5,7	13,68
Goma Xanthan	0,2	0,48	0,2	0,48	0,2	0,48						
CMC							0,2	0,48	0,2	0,48	0,2	0,48
TOTAL	100	240	100	240	100	240	100	240	100	240	100	240

• **LAVADO:** las frutas se lavaron con agua de bidón para retirar impurezas que acompañan a la materia prima, evitando la contaminación al producto.

• **PELADO Y PULPEADO:** el proceso de pelado se realizó de manera manual, mientras que el pulpeado con un extractor marca Oster. Esto se hizo con el fin de extraer la corteza externa y semilla de las frutas para evitar sabor y color extraños en el producto final.

• **FORMULACIÓN:** para la formulación del néctar mix se consideraron la necesidad de obtener un producto de calidad a partir de la pulpa, se preparó la formulación y peso sobre la base de una relación aproximada de 1:1 de pulpa-agua, acorde a la tabla 2.

• **MEZCLADO:** después de la preparación de la formulación se homogenizó la mezcla en un recipiente de acero inoxidable, realizado lo anterior, la mezcla se calentó entre 50 a 55 °C en una cocineta marca Marcimex, hasta que se homogenizó. En esta operación se agregó el azúcar y los estabilizantes (tabla 2).

• **PASTEURIZACIÓN:** se sometió el néctar a temperatura de 85 °C por 30 segundos en una cocineta marca Marcimex. Esta operación se realizó con el fin de eliminar los microorganismos patógenos que se puedan presentar en el producto final.

• **ENVASADO:** antes del envasado se procedió a esterilizar los envases a temperatura de 85 °C por 15 minutos, con el fin de eliminar la mayor cantidad de microorganismos patógenos (coliformes, mohos, levaduras), asegurando la inocuidad y la vida anaquel. Luego, se envasó el producto a una temperatura de 72 °C de forma manual.

• **ESTERILIZACIÓN:** se trasladaron las botellas llenas de néctar con contenido neto de 395 mL en un recipiente, destinado para la esterilización a 85 °C con agua de bidón para generar vapor; una vez alcanzado lo anterior, se mantuvieron los envases por 20 minutos para luego ser retirados.

• **ENFRIAMIENTO:** el material esterilizado se enfrió a temperatura ambiente (28 °C) en una mesa de acero inoxidable.

• **ALMACENAMIENTO:** el producto se almacenó a una temperatura de refrigeración 18 °C durante 30 días en la cual, se evaluó su estabilidad (método de velocidad de sedimentación), pH (método de potenciómetro), densidad (método picnómetro) y acidez titulable (método volumétrico).

Los datos fueron analizados en el software SPSS 22 versión libre y Microsoft Excel.

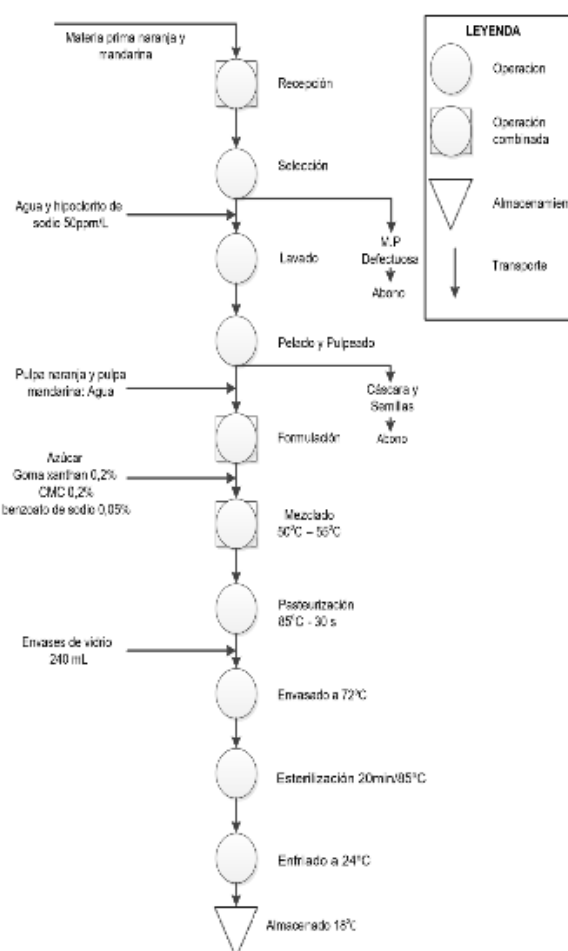


Figura 1. Diagrama de proceso de elaboración de néctar mix.

Resultados

Como se observa en la tabla 3 en el factor A, factor B y la interacción A*B tanto en el día 0 como en el día 30 no presentaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) para la variable acidez por lo cual, no fue necesario realizar ANOVA para los tratamientos, debido a que todos fueron iguales, mientras que para la variable pH, en el día 0 y 30 existió diferencias estadísticas significativas para la Goma xanthan y CMC.

El factor A (tipos de estabilizantes) mostró las medias de los niveles a1 en la que el menor pH fue 3,67 empleando la goma xanthan y a2 con un pH mayor cuyo valor fue 3,82 que correspondió al CMC en el día 0, mientras que para el día 30, las medias de los niveles a1 (Goma xanthan) y a2 (CMC) evidenciaron en esta investigación que el menor y mayor pH fueron 3,35 y 3,49; respectivamente (tabla 4).

Tabla 3. ANOVA para las variables acidez y pH.

Origen	Acidez		pH	
	Significancia día 0	Significancia día 30	Significancia día 0	Significancia día 30
Factor_A	0,900 ^{NS}	0,792 ^{NS}	0,002*	0,004*
Factor_B	0,637 ^{NS}	0,392 ^{NS}	0,687 ^{NS}	0,682 ^{NS}
Factor_A * Factor_B	0,657 ^{NS}	0,691 ^{NS}	0,823 ^{NS}	0,980 ^{NS}

Abreviaturas: NS, *Significativo al 5%, **altamente significativo al 1%.

Tabla 4. Niveles del factor A para la variable pH.

Factor_A	Media día 0	Factor_A	Media día 30
a ₁	3,676a	a ₁	3,35a
a ₂	3,827b	a ₂	3,49b

Letras iguales en columnas no difieren estadísticamente según Tukey al 0,05 de probabilidad de error.

La variable densidad fue analizada mediante la prueba no paramétrica de Kuskall Wallis. En el factor A existió diferencias estadísticas significativas en los días 0 y 30 (tabla 5) lo cual indicó, que los estabilizantes utilizados influyeron en la densidad del néctar mix para esto, se realizaron unas figuras de medias (figuras 1 y 2).

La media del nivel a1 presentó un valor 1,065 g·mL⁻¹ mientras que el nivel a2 1,070 g·mL⁻¹, lo anterior indicó que el estabilizante CMC (a2) aumentó la densidad del néctar mix en el día 30. En la tabla 5 se observó que hubo diferencias estadísticas significativas para los tratamientos, debido a lo anterior se realizó un gráfico

de medias (figura 3). La media del nivel a1 presentó un valor de 1,064 g·mL⁻¹ mientras que el nivel a2 1,069 g·mL⁻¹, lo anterior indicó que el estabilizante CMC (a2) aumentó la densidad del néctar mix en el día 0.

Los mejores tratamientos para la variable estabilidad fueron T1, T2 y T3 con valores de 0% de sedimentación debido a que, entre más bajo fue el porcentaje de sedimentación los néctares no presentaron sólidos en suspensión, en estos tratamientos se utilizaron goma xanthan. Los tratamientos antes mencionados no mostraron sedimentación durante los días de estudios, lo contrario a lo suscitado en los tratamientos donde se empleó CMC.

Tabla 5. Niveles del factor A.

Hipótesis nula	Prueba	Significancia	Decisión
La distribución de densidad en el día 0 y 30 fue la misma entre las categorías de factor_A	Prueba de Kruskal-Wallis	0,049	Rechace la hipótesis nula
La distribución de densidad en el día 0 y 30 fue la misma entre las categorías de factor_B	Prueba de Kruskal-Wallis	0,052	Rechace la hipótesis nula
La distribución de densidad fue la misma entre las categorías de tratamiento	Prueba de Kruskal-Wallis	0,118	Rechace la hipótesis nula

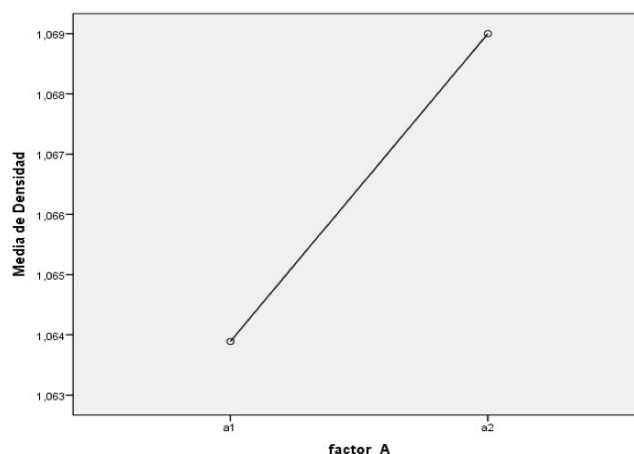


Figura 1. Media para el Factor A densidad día 0.

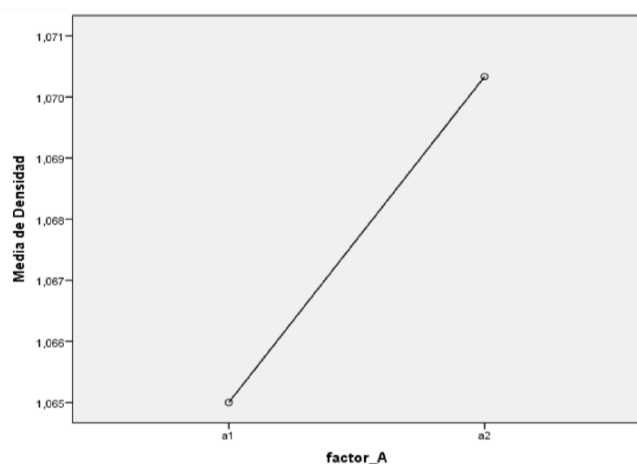


Figura 2. Media para el Factor A densidad día 30.

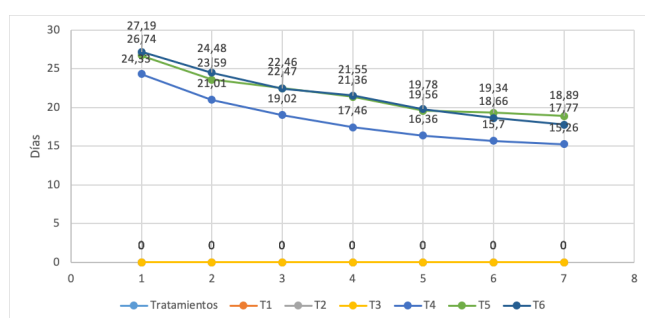


Figura 3. Porcentajes de sedimentación para los tratamientos.

Discusión

La variable acidez no tuvo influencia ni de las gomas, ni de la relación pulpa de naranja y mandarina, esto pudo ser explicado por el comportamiento estable de la goma xantana a los cambios de acidez y temperatura. Debido a su comportamiento reofluídico por cizalla (pseudoplasticidad), la xantana ha sido usada como un agente espesante, estabilizador y dispersante (Habibi y Khosravi-Darani, 2017). En la investigación realizada por Cañizares et al. (2009) obtuvieron un valor de acidez de 0,6973 en la caracterización química y organoléptica de néctares a base de frutas de lechosa, mango, parchita y lima, similares a lo obtenido en este estudio.

En un estudio realizado por Valencia y Guevara (2013) en elaboración de néctar de zarzamora (*Rubus fruticosus* L.) encontraron un pH de 3,85 similar a lo reportado en este estudio, mismos que estuvieron por debajo de lo que indica la norma INEN 2337:2008, cuyo valor máximo es 4,5. Según Baca (2006) las temperaturas bajas y tiempos cortos de pasteurización, influyeron en la disminución del pH conforme pasaron los días, siendo esta operación aplicada en la elaboración del néctar de este estudio (85 °C/30s). Sáenz (2006) manifestó que este tipo de comportamiento (disminución de pH) podría deberse a la disociación de los ácidos orgánicos presentes en el néctar, los cuales promovieron un descenso del pH del producto.

Gutiérrez et al. (2016) en su investigación sobre evaluación del proceso de obtención del néctar de manzana Golden delicious (*Malus domestica*) a partir de dos métodos de conservación: pasteurización – vacío, el CMC como estabilizador conservó la densidad y la apariencia física del néctar, el valor de la densidad, según la Aduana de Chile (2005) debió ser mayor a 1,056g·mL⁻¹. Cuichán (2013) indicó que la densidad varió según como cambió el resto de los componentes del néctar, por ejemplo: ácidos, aminoácidos, enzimas, metales disueltos y sales.

Es importante mencionar que la relación óptima de naranja y mandarina en el néctar mix fueron los tratamientos T1, T2 y T3 siendo valores de 0% para la variable sedimentación, según Cedeño y Domínguez (2016) esto se debió a que los tratamientos térmicos bajos no produjeron la desnaturalización de las proteínas que se encuentran en el néctar y que fueron las responsables de arrastrar los sólidos en suspensión al fondo del recipiente que contenía este alimento. Mielles et al. (2018) señalaron que la goma xanthan formó una suspensión de componentes insolubles para que interactúen con los componentes del sistema, esto ocurrió por la rápida solubilidad y completa disolución a un pH bajo.

Conclusiones

Las variables de pH (Norma INEN 2337:2008), densidad y estabilidad cumplen con lo que estipula la Aduana de Chile presentando las mejores características físicas-químicas del néctar mix de naranja y mandarina. La relación óptima para la elaboración de néctar mix son las utilizadas en los tratamientos T1, T2 y T3.

Conflicto de intereses

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

Referencias bibliográficas

- Aduana de Chile. (2005). *Clasificación: Resolución de Segunda Instancia n° 082*. <http://www.aduana.cl/clasificacion-resolucion-de-segunda-instancia-n-082/aduana/2007-02-24/222626.html>
- Baca, P. (2006). *Obtención de néctar a base de zumo de zanahoria y naranja*. (Tesis de Licenciatura), Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
- Bravo, G. y Domínguez, J. (2016). *Efecto del tratamiento térmico en el jugo de maracuyá (Passiflora edulis) en la sedimentación de sólidos en suspensión*. (Tesis de Licenciatura), Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.
- Bello, F., Eyman, L., Almirón, N., Cocco, A. y Torres, F. (2017). *Cartillas para determinar el índice de color de mandarina y naranjas*. https://www.poscosecha.com/es/noticias/cuidados-poscosecha-de-naranjas-y-mandarinas-de-maduracion-temprana/_id:80413/

- Cañizares, A., Bonafine, O., Laverde, de Rodríguez, R. y Méndez, J. (2009). Caracterización química y organoléptica de néctares a base de frutas de lechosa, mango, parchita y lima. *Revista UDO Agrícola*, 9(1), 74-79. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3293770>
- Castillo, W. (2012). *Efecto de la dilución y concentración de carboximetilcelulosa sódica en la estabilidad y aceptación general de néctar de membrillo*. (Tesis de Licenciatura), Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.
- Cuichán, C. (2013). *Elaboración de néctar de uvilla (Physalis peruviana L.) con adición de L-Carnitina y análisis de su estabilidad como producto comercial*. (Tesis de Licenciatura), Universidad Central del Ecuador.
- Guevara, A. (2015). *Elaboración de pulpas, zumos, néctares, deshidratados, osmódeshidratados y fruta confitada*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Departamento de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios. Perú. <http://www.lamolina.edu.pe/postgrado/pmdas/cursos/dpact1/lecturas/Separata%20Pulpas%20n%C3%A8ctares,%20merm%20desh,%20osmodes%20y%20fruta%20confitada.pdf>
- Gutiérrez, N., Viver, G., Canseco, A., Vicente, J., Hernández, O. y Ortiz, C. (2016). Evaluación del proceso de obtención del néctar de manzana golden delicious (Malus domestica) a partir de dos métodos de conservación: pasteurización – vacío. *Revista Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 680-685.
- Habibi, H. y Khosravi-Darani, K. (2017). Effective variables on production and structure of xanthan gum and its food applications: a review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 10, 130-140. doi: 10.1016/j.bcab.2017.02.013
- NTE INEN 2337. (2008). *Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas, y vegetales*. Requisitos. 2337. p1.
- Ministerio de Agricultura Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). (2016). *Boletín situacional 2015 naranja*. http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2016/boletin_situacional_naranja%202015.pdf
- Mieles, M., Yépez, L. y Ramírez, L. (2018). Elaboración de una bebida utilizando subproductos de la industria láctea. *Revista UTE*, 9(2). http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422018000200059&lng=en&nrm=iso&tlng=en#t5
- Sáenz, C. (2006). *Utilización agroindustrial: Frutas y Hortalizas* (Vol. 1). Roma. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120301/Utilizacion-agroindustrial-del-nopal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valencia, C. y Guevara, A. (2013). Elaboración de néctar de zarzamora (Rubus fruticosus L.). *Revista Scientia Agropecuaria*, 4(2), 101-109. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/227/219>
- Zambrano, M. (2013). *Producción*. <http://tierrabellamanabi.blogspot.com/2013/06/produccion.html>

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Edison Fabián Macías Andrade	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Francisco Manuel Demera Lucas	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Luisa Ana Zambrano Mendoza	Participó en la preparación y edición del manuscrito, corrección de estilo.
Ely Fernando Sacón-Vera	Participó en la preparación y edición del manuscrito, corrección de estilo.
Julio Vinicio Saltos Solórzano	Interpretación de los datos y revisión del contenido del manuscrito referente a lo nutricional.
Byron Antonio Zambrano Mendoza	Análisis de datos y corrección de estilo.



Caracterización química de los residuos sólidos procedentes de la elaboración de tres tipos de cerveza artesanal (*stout-negra, imperial-rubia, guayacán-roja*)

Chemical characterization of solid waste from the production of three types of craft beer (*stout-black, imperial- blonde, guayacan-red*)

Autores

✉^{1*}Oscar Luis Torres Barberán

✉²Wagner Antonio Gorozabel Muñoz

¹Maestría en Agroindustria, Instituto de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

²Departamento de Procesos Agroindustriales, Facultad de Ciencias Zootecnicas, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Torres Barberán, O. L. y Gorozabel Muñoz, W. A. (2022). Caracterización química de los residuos sólidos procedentes de la elaboración de tres tipos de cerveza artesanal (*stout-negra, imperial-rubia, guayacán-roja*). *La Técnica*, 12(1), 38-44. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i27.3624

Recibido: Octubre 20, 2021

Aceptado: Diciembre 15, 2021

Publicado: Enero 05, 2022

Resumen

El bagazo de malta de cebada es un residuo del proceso de elaboración de cerveza artesanal tiene un bajo costo y alta disponibilidad, es un subproducto rico en nutrientes, el cual puede ser utilizado en la industria alimentaria e industrial. El objetivo fue determinar y comparar las propiedades químicas de los residuos sólidos del bagazo procedentes de la elaboración de diferentes variedades de cerveza artesanal (*stout-negra, imperial-rubia, guayacán-roja*) y que su uso quede a consideración del proceso agroindustrial que se desea brindar. Las muestras de cerveza artesanal fueron tomadas en la empresa cervecera “Beerkingo” ubicado en el Cantón Sucre, vía Río Canoa, Km 7, provincia de Manabí. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) de un factor siendo el bagazo de cerveza de tres variedades el factor en estudio, se aplicó un ANOVA paramétrico para el análisis de las muestras; donde existió diferencia estadística significativa, se aplicó la prueba de Tukey ($P < 0,05$) en los análisis de proteína, fibra, ceniza y materia seca. Los resultados del ANOVA demostraron significancia estadísticas en todos los parámetros estudiados, y la prueba de Tukey indicó que el bagazo procedente del M1 (bagazo de Stout-negra) reportó un mayor porcentaje de proteína con 5,23%, así mismo en lo referente en ceniza, fibra y materia seca los mayores porcentajes los obtuvo la muestra M3 (bagazo guayacán-roja) con porcentajes de 1,13; 4,45 y 36,99%, respectivamente; lo cual evidenció que existen componentes químicos para la generación de valor agregado de este subproducto. Quedando comprobado que contienen componentes nutricionales que se pueden aprovechar en su totalidad para consumo humano o suplemento para alimentación animal.

Palabras clave: bagazo de cerveza; subproducto; cebada.

Abstract

Barley malt bagasse is a low-cost, highly available, nutrient-rich by-product of the craft brewing process that can be used in the food and industrial industries. The objective was to determine and compare the chemical properties of solid bagasse residues from the production of different varieties of craft beer (*stout-black, imperial-blonde, guaiac-red*) and its use is left to the consideration of the agroindustrial process to be provided. Craft beer samples were taken at the “Beerkingo” brewing company located in Cantón Sucre, via Río Canoa, Km 7, province of Manabí. A completely randomized design (DCR) of one factor was used, being the beer bagasse of three varieties the factor under study. A parametric ANOVA was applied for the analysis of the samples; where there was a significant statistical difference, the Tukey test ($P < 0.05$) was applied in the analysis of protein, fiber, ash and dry matter. The results of the ANOVA showed statistical significance in all the parameters studied, and the Tukey test indicated that the sap from M1 (Stout-black bagasse) reported a higher percentage of protein with 5.23%, likewise in ash, fiber and dry matter the highest percentages were obtained by the M3 sample (guayacán-red bagasse) with percentages of 1.13, 4.45 and 36.99%, respectively; which evidenced that there are chemical components for the generation of added value of this by-product. It was proven that they contain nutritional components that can be used in their entirety for human consumption or as a supplement for animal feed.

Keywords: beer bagasse; by-product; barley.

Introducción

El consumo de cerveza artesanal en los últimos años ha demostrado un crecimiento por la demanda de consumidores a nivel mundial (Gravaglia, 2017). En un estudio que realizó Aquilani et al. (2015) mencionaron que los consumidores eligieron el tipo de cerveza por su variedad de sabores; Giovenzana et al. (2014) indicaron que estos se desarrollan por los diferentes tipos de insumos que se utilizan en sus formulaciones y su tipo de fermentación alta o baja.

La cerveza es la quinta bebida más consumida en el mundo, además de la primera dentro de las bebidas alcohólicas. En 2014, se procesaron un total de 189.060 millones de litros (Kirin Beer University Report, 2015).

Es necesario indicar, que en la producción de cerveza artesanal por cada 100 litros se genera 20 kg de residuos (Balli et al., 2020), que según Nigan (2017), estos desechos sólidos representan un 85% del total de subproductos de la elaboración de cerveza; a nivel mundial en la industria cervecera se generan 20 millones de toneladas de bagazo (Monteiro, 2019), según la Asociación de Cerveceros Artesanales de Ecuador "ASOCERV" en el 2018, la producción fue de 30.730 hL, lo cual representó 614,6 toneladas de residuos en Ecuador.

La principal materia prima utilizada en la producción de cerveza es la cebada malteada. Este componente es sometido a un proceso de cocción y maceración del que resulta el mosto cervecero, licor que luego atraviesa una etapa de fermentación para obtener como resultado final a la cerveza (Garavaglia y Swinnen, 2017). Según Aquilani et al. (2015) en este proceso se produjeron cantidades importantes de un residuo insoluble, conocido localmente como bagazo cervecero e internacionalmente como "Brewer's spent grain" (BSG), siendo un material de interés para la aplicación en diferentes áreas debido a su bajo costo, disponibilidad durante todo el año y valiosa composición química. Es destinado mayormente a la alimentación de ganado y en algunos casos se emplea como abono en tierras de cultivo; sin embargo, en las zonas urbanizadas constituye un serio problema ambiental (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2019).

Según Sheldon (2016) y Onofre (2018) el bagazo contiene altas propiedades nutricionales y funcionales que pueden ser aprovechados para alimentación humana o animal por su contenido proteico, fibra, vitaminas, compuestos fenólicos y minerales. La reutilización de los desechos provenientes de la separación del mosto en la etapa de filtración, debe pasar previamente por las etapas de molienda y maceración (García, 2017); en tal sentido, estos residuos constituyen un probable material para la elaboración de un producto por su contenido

nutricional que posee y que se encuentran disponible todo el año (Pinheiro, 2019).

En la agroindustria, uno de los principales objetivos es el aprovechamiento de los residuos que pueden generarse en las industrias cerveceras artesanales, reduciendo el impacto negativo por su emisión, vertimiento o disposición que pudiese generar en el ambiente (Cury et al., 2017). El bagazo de cebada de malta tiene un gran potencial para ser reciclado y utilizado como una fuente económica de fibra que puede proporcionar una serie de beneficios cuando se incorpora a la dieta humana, como para la prevención de ciertas enfermedades incluyendo cáncer, trastornos gastrointestinales, diabetes y enfermedades coronarias (Pantoja, 2020). El objetivo fue evaluar y comparar la composición química de los residuos sólidos del bagazo procedentes de la elaboración de diferentes variedades de cerveza artesanal (stout-negra, imperial-rubia, guayacán-roja) para su producción en la agroindustria.

Metodología

Para el desarrollo de la investigación se planificaron cuatro fases:

Fase 1: caracterización general de las fórmulas (mezclas de componentes) según las materias primas utilizadas para los tres tipos de cerveza artesanal.

Fase 2: identificación de los subproductos (bagazo) resultantes del proceso de fabricación de los tres tipos de cerveza artesanal (artesanal tipo stout-negra, imperial-rubia, y guayacán-roja).

Fase 3: toma de muestras de los subproductos (bagazo) en la etapa de maceración y análisis químicos.

Fase 4: análisis e interpretación de resultados.

Las muestras requeridas para el desarrollo de la investigación se obtuvieron del proceso de elaboración de cerveza artesanal "Beerkingo", ubicado en el Cantón Sucre, en la vía Río Canoa, a -0,473392 S y -80,391220 O (Garmin GPSMAP 64sx, Estados Unidos).

Las unidades muestrales (bagazo de tres tipos de cerveza) fueron obtenidas después de la etapa de separación, prensado y filtración del mosto obtenido tras la sacarificación del grano de cereal (cebada, básicamente) malteado, el cual presentó un contenido en materia seca aproximado entre un 20 a 25%. Los componentes identificados para la elaboración de los tres tipos de cerveza incluyeron la utilización de malta base (80-90% y aportaron azúcares fermentables), maltas especiales 10-20% (el cual aportó color, sabor y los porcentajes variaron de acuerdo a los tres tipos de cervezas estudiadas), agua tratada por la misma empresa, lúpulo, levadura (Safale Us-05, Fermentis), y otras fuentes de almidón y azúcar (como trigo y avena).

Para los componentes agua, lúpulo, fuentes de almidón utilizadas (trigo y avena), y extracto de guayacán (cerveza roja), no fue posible obtener los porcentajes, en vista de que la investigación se enfocó solamente en la evaluación de bagazo y además que las fórmulas fueron manejadas confidencialmente por el dueño de la empresa. En términos generales, se pudo conocer por parte de los operarios que el proceso utilizado para la elaboración de cerveza artesanal incluyó la aplicación del malteado, molienda, macerado, cocido, enfriado, fermentación y envasado, cabe indicar que no fue posible obtener de una manera más profunda los parámetros de proceso aplicados por términos de confidencialidad lo cual fue entendible.

Para los muestreos se recolectó 1000 g de bagazo de cerveza artesanal por cada variedad de cerveza (artesanal tipo stout-negra, imperial-rubia, y guayacán-roja), y se tomaron tres lotes o procesos diferentes para considerar las repeticiones, las cuales fueron almacenadas en bolsas herméticas con cierre de presión a temperatura de 25 °C aproximadamente. Se realizaron análisis químicos de proteína, fibra, ceniza y materia seca.

El análisis de proteína se realizó en el Centro de Servicios para el Control de Calidad "CESCCA", entidad de la unidad de autogestión independiente adscrita a la Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Laica Eloy Alfaro, ubicada en el Cantón de Manta en la Av. Circunvalación Vía a San Mateo, mientras que los análisis de fibra, cenizas y materia seca se realizaron en los Laboratorios de Bromatología de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López "ESPAM MFL" ubicada en el Cantón de Bolívar, parroquia Calceta.

Factor y niveles de estudio

El factor en estudio fue el bagazo de cerveza artesanal tipo stout-negra, imperial-rubia y guayacán-roja, respectivamente (tabla 1).

Tabla 1. Muestras de cerveza artesanal evaluadas.

Muestras	Símbolo	Factor	Repeticiones
		Bagazo de cerveza artesanal	
1	M1	Stout-negra	3
2	M2	Imperial-rubia	3
3	M3	Guayacán-roja	3

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) unifactorial y se evaluaron las muestras por triplicado, dando un total de nueve unidades experimentales, comprendidas en 1000 g cada una. Los datos obtenidos se ingresaron en el programa estadístico InfoStat versión libre 2017, aplicando un ANOVA, y en los casos donde existió significancia estadística se compararon los promedios aplicando la prueba de Tukey al $P < 0,05$.

Registro de datos y métodos de evaluación

La determinación de proteína cruda (PC) se realizó en un equipo Kjeldahl (Buchi, Speed Digester K-425, Suiza) para el análisis de nitrógeno total conforme a la norma NTE INEN 543-1980-12. Se empleó 1 g de muestra para la digestión con 25 mL de ácido sulfúrico al 37% concentrado; después de la digestión se llevó a un destilador automático (Buchi, Speed Digester K-425, Suiza). Destilada la muestra se valoró con ácido sulfúrico 0,1 N. Hallándose de esta manera el porcentaje de nitrógeno presente en la muestra, a este último valor se multiplicó el factor de 6,25 con la finalidad de hallar el contenido proteico.

$$\text{Ecuación 1} \quad \% \text{Proteína} = \frac{V_{HCl} \times N_{HCl} \times 0.014 \times \text{Factor}}{P_m} \times 100$$

Para determinar la fibra cruda (FC) se usaron las muestras de malta desengrasada, obtenidas en la determinación de la materia grasa. Luego se procedió a realizar la digestión (ácida con ácido sulfúrico 0,2 N, lavados con agua destilada con una conductividad de $2 \mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$ y digestión básica con hidróxido de sodio al 0,2 N). El análisis de este parámetro se realizó con base al peso de las cenizas de la muestra digerida, tal como lo señaló la normativa NTE INEN 542 1980-12.

$$\text{Ecuación 2} \quad \% \text{Fibra} = \frac{P_1 - P_2}{P_m} \times 100$$

La determinación de cenizas (C) se realizó sobre cápsulas de porcelana, se pesó con una balanza analítica (Sartorius modelo CP224S, Alemania) 3 g de muestra hasta llegar a tener un peso constante, luego la muestra con la ayuda de una parrilla se pre-calcinó a una temperatura de 700 °C por 25 minutos para posteriormente llevarla a una calcinación total en la mufla (Furnace, modelo FB1315M, Estados Unidos) a 700 °C durante 2 h. Por último, se enfriaron las muestras en la cápsula de desecación provista de silicagel y se pesaron para determinar el porcentaje de cenizas de acuerdo a la norma vigente NTE INEN 544 1980-12.

$$\text{Ecuación 3} \quad \% \text{Ceniza} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \times 100$$

Para determinar la materia seca (MS) se pesaron 2 g de muestra y se ubicaron en una cápsula de porcelana para poderla introducir en una estufa (Memmert) a 105 °C durante 24 horas, luego se ingresó en una cápsula de desecación provista de silicagel para enfriar las cápsulas con la muestra y así evitar que adquiriera humedad, luego se pesó en una balanza analítica marca Adams® hasta conseguir un peso constante de acuerdo con la norma NTE INEN 540 1980-12.

$$\text{Ecuación 4} \quad \% \text{Materia seca} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \times 100$$

Resultados

Caracterización de la materia prima

Se procedió a evaluar para cada tipo de cerveza las mezclas que conformaron cada una de sus fórmulas, las mismas que fueron analizadas químicamente, con la finalidad de tener una referencia inicial (antes de aplicar la maceración) la composición química del producto crudo en función a los porcentajes de proteína, fibra, ceniza y materia seca; estos resultados fueron de utilidad para comparar entre ellas, la composición química del bagazo de los tres tipos de cervezas estudiadas. Los resultados obtenidos se detallan a continuación (tabla 2).

Tabla 2. Caracterización química de la materia prima antes del macerado.

Análisis	Stout-negra	Imperial-rubia	Guayacán-roja
% Proteína	9,60	8,12	9,26
% Fibra	5,56	4,69	6,25
% Ceniza	1,84	1,61	1,72
% Materia seca	91,15	91,32	91,9

Parámetros bromatológicos evaluados del bagazo

Los resultados obtenidos del ADEVA (tabla 3) demostraron significancia estadística al $P < 0,05$, para todos los parámetros evaluados, lo cual indicó que la composición química de los mostos en relación a los porcentajes de proteína, fibra, ceniza y materia seca, difirieron estadísticamente según los tres tipos de cervezas estudiadas.

Tabla 3. Análisis de varianza para los análisis químicos.

Parámetros evaluados (%)	SC	gl	CM	F	Error	C.V.	p-valor
Proteína	0,90	2	0,45	9,08	0,30	4,64	0,0153**
Fibra	2,18	2	1,09	49,90	0,13	3,90	0,0002**
Ceniza	0,06	2	0,03	6,30	0,03	6,67	0,0336**
Materia seca	41,30	2	20,65	19,73	6,28	2,95	0,0023**

SC = Suma de cuadrado, gl = grados de libertad, CM = Cuadrados medios, F calc = F de Fisher, P-valor = Tabla F, CV = Coeficiente de variación ** = Altamente significativo al 0,05%.

Al reportarse significancia estadística en todos los parámetros evaluados se procedió a comparar los resultados aplicando la prueba de Tukey, y los resultados fueron los siguientes y se representan en las figuras de cajas y bigotes.

Proteína

Se realizó la comparación de medias aplicando la prueba de TUKEY al $P < 0,05$ de significancia, por lo cual su representación se efectuó mediante gráficas de cajas y bigotes (figura 1), y se evidenció que se obtuvieron dos rangos, donde la M2 (Imperial-rubia) y la M3 (Guayacán-roja) no difirieron entre sí, pero sí difirieron de M1 (Stout-negra) que tuvo un promedio más alto de proteína con un valor de 5,23% y M3 alcanzó un menor promedio de proteína con un valor de 4,51%.

Fibra

La comparación de Tukey al $P < 0,05$, mediante gráficas de cajas y bigotes para la variable fibra (figura 2), ordenó los resultados en tres rangos, donde M3 (bagazo de cerveza Guayacán-roja) alcanzó un mayor promedio de fibra con un valor de 4,45% y M1 (Stout-negra) obtuvo un menor promedio con un valor de 3,27%.

Ceniza

Mediante la prueba estadística de Tukey al $P < 0,05$, en la que se presentaron gráficas de cajas y bigotes para la variable ceniza (figura 3), se ordenaron los resultados en dos rangos, donde M1 y M2 no difirieron estadísticamente entre sí, pero sí difirieron de M3, que alcanzó un mayor promedio de ceniza con un valor de 1,13% y M2 (bagazo de cerveza rubia) obtuvo un menor promedio con un valor de 0,98%.

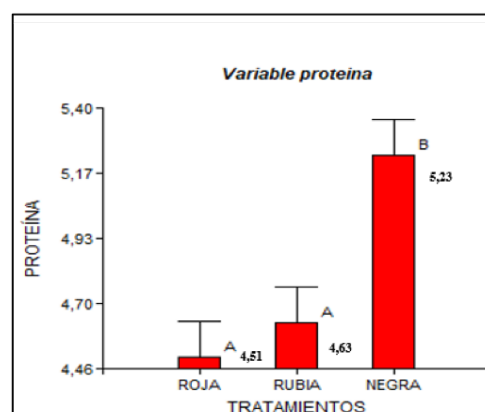


Figura 1. Comparación de medias según Tukey para proteína. Medias con una letra común no fueron significativamente diferentes ($P > 0,05$).

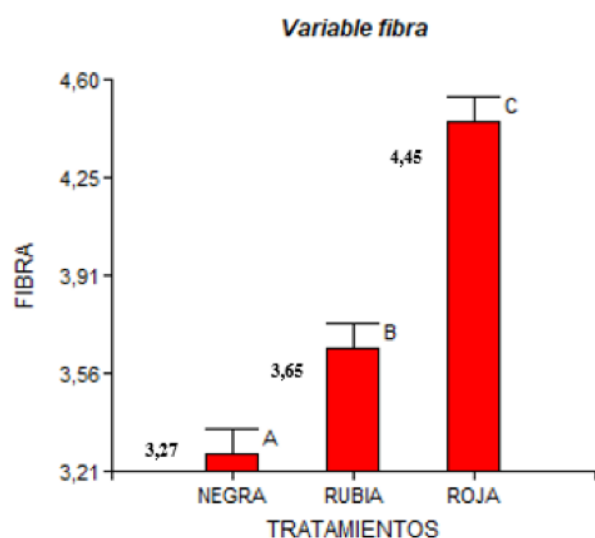


Figura 2. Comparación de medias según Tukey para fibra. Medias con una letra común no fueron significativamente diferentes ($P>0,05$).

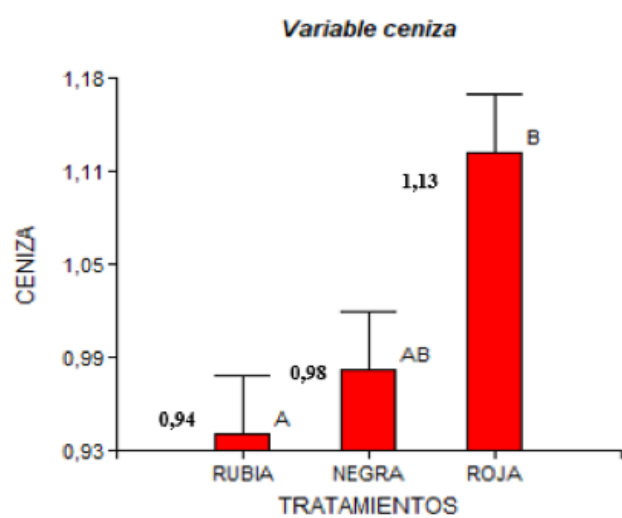


Figura 3. Comparación de medias según Tukey para ceniza. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P>0,05$).

Materia seca

La comparación de Tukey al $P<0,05$ se muestran en gráficos de cajas y bigotes para la variable materia seca (figura 4), donde se ordenó los resultados en dos rangos, donde M1 y M3 no difirieron estadísticamente entre sí, pero sí difirieron de M2 (bagazo de cerveza Imperial-rubia) el mismo que alcanzó un menor promedio de materia seca con un valor de 31,84%, seguido de M1 (bagazo de cerveza Stout-negra) con 35,26% y

por último M3 (bagazo de cerveza Guayacán-roja) obtuvo un mayor promedio con un valor de 36,99%.

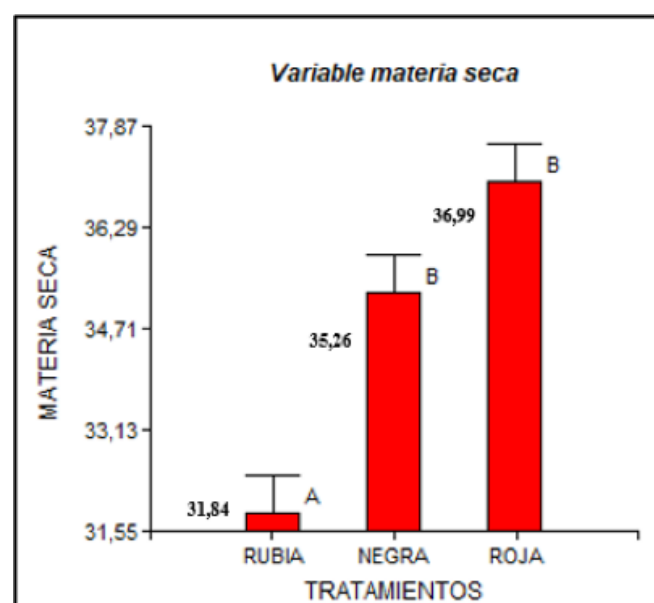


Figura 4. Comparación de medias según Tukey para materia seca. Medias con una letra común no fueron significativamente diferentes ($P>0,05$).

El sustrato empleado en la investigación contuvo la mayor parte de los nutrientes que necesitó la planta de café para su buen desarrollo, en particular el fósforo (Sadeghian y Ospina-Penagos, 2021) y el potasio (Farfan y Baute, 2020). También es rico en materia orgánica (más del 10% de su composición) y las cantidades de otros elementos químicos fueron también altas. No obstante, todos los bioestimulantes promovieron tanto la germinación como el crecimiento vegetativo (altura y diámetro del tallo) de las plantas hasta valores significativamente superiores al testigo que solo recibió agua.

El proceso de maceración, en la que según Liñán et al. (2014) es una etapa térmica donde se realiza la extracción de los azúcares fermentables de los materiales sólidos, en la cual se debe controlar la temperatura, tiempo y pH para que las enzimas cumplan dicha extracción para cada tipo de cerveza, al no controlar adecuadamente cada parámetro, lo cual afectaría directamente el sabor y color del producto final, se puede verificar que antes del macerado la mezcla mantiene sus componentes originales mientras que en el proceso se degrada el almidón para que este sea fuente de alimento para las levaduras y su posterior fermentación, cabe mencionar que la investigación se delimitó hasta la recolección de los residuos sólidos provenientes de la maceración.

Los resultados obtenidos de proteína fueron inferiores a los que reportó Medina et al. (2018) quien realizó un análisis químico proximal en residuos sólidos de cerveza artesanal (clara, ámbar y oscura) obteniendo valores con un rango de 10,91 a 10,93%. Hay

que tomar en consideración que el porcentaje de proteína presente en las mezclas de la materia prima sin procesar para los tres tipos de cerveza tuvieron valores entre 8,12% y 9,60%; puntualizando que estos valores iniciales dependieron exclusivamente de la calidad de los granos y componentes utilizados. Además, los resultados también demostraron que del 100% de la proteína presente en las materias primas sin procesar, quedó el 54,23% en el bagazo de la cerveza Stout-negra, 57,02% para Imperial-rubia, y 48,7% para Guayacán-roja, lo cual indicó que el porcentaje restante fue aprovechado durante el proceso de maceración en la elaboración de cerveza.

En el análisis de fibra realizado se denotó que estos están en los límites permisible para su aprovechamiento, según la investigación que realizó Tarsicio et al. (2018) sobre un análisis químico en residuos sólidos de cerveza artesanal con un 4,91% en fibra. Los porcentajes de fibra presente en los mostos (con relación a los porcentajes presentes en la materia prima) fueron 58% para la cerveza Stout-negra, 77,83% para Imperial-rubia y 71% para Guayacán-roja, evidenciándose que en la cerveza Stout-negra se aprovecharon los mayores porcentajes de este componente en el proceso de maceración de la materia prima.

En cuanto a la variable ceniza los valores obtenidos fueron inferiores a los publicados por Coronado et al. (2020) quien realizó una caracterización físico-química y análisis SEM-EDX del grano gastado de la industria cervecera artesanal obteniendo un valor de 4,05% (clara, ámbar y oscura) obteniendo valores con un rango de 2,24 a 2,67%. Así mismo los resultados fueron inferiores a los reportados por Jurado (2018), que investigó el aprovechamiento del bagazo de malta de cebada como insumo en la elaboración de una barra de cereales alta en fibra y obtuvo un valor de ceniza de 2,78%; cabe mencionar que este autor realizó una caracterización del bagazo antes de ser utilizado.

Al igual que en los parámetros anteriormente evaluados se detalla que los porcentajes de ceniza presente en los mostos (con relación a los porcentajes presente en la materia prima) dieron resultados de 53% para la cerveza Stout-negra, 58% para Imperial-rubia y 65% para el mosto de cerveza Guayacán-roja, evidenciándose también que en la cerveza Stout-negra disminuyó el 47% de ceniza del total inicial, siendo el porcentaje más alto en comparación a los anteriores.

Al igual que los parámetros anteriores al comparar los valores obtenidos con los publicados por Medina et al. (2018) quien realizó un análisis químico proximal en residuos sólidos de cerveza artesanal (clara, ámbar y oscura) se evidenció que fueron inferiores a los reportados en la presente investigación debido a que este obtuvo valores entre 83,17 a 84,05%. Además, los resultados de la investigación también demostraron que del

100% de la materia seca presente en las materias primas sin procesar, quedó el 38,7% en el bagazo de la cerveza Stout-negra, 34,9% para Imperial-rubia, y 40,25% para el bagazo de cerveza Guayacán-roja, siendo el bagazo de M1 el que disminuyó un mayor porcentaje de este componente en comparación a los otros dos tipos de bagazo.

Conclusiones

Al representar el bagazo aproximadamente el 85% de los residuos y en promedio el 31% del peso original de la malta utilizada durante el proceso de elaboración de cerveza artesanal se concluye que: a pesar de que este es un efluente y en ciertos casos considerado como un contaminante potencial para el ambiente, los resultados demostraron que el bagazo procedente de M1 (bagazo de Stout-negra) obtuvo mayores porcentajes de proteína y ceniza, M3 (bagazo de Guayacán-roja) reportó los mayores valores en porcentaje de fibra y de materia seca, siendo M2 (bagazo Imperial-rubia) la que consiguió los menores porcentajes en todos los parámetros evaluados. Los valores antes descritos permiten que estos derivados de la elaboración de la cerveza puedan ser empleados en la agroindustria. Entre los diferentes procesos de producción de cerveza artesanal (stout-negra, imperial-rubia, guayacán-roja), no existe diferencia significativa en la composición química entre los tres tipos de residuos analizados, aunque se mantiene una importante cantidad de proteína, fibra, ceniza y materia seca que puede ser utilizado para sub-producto.

Conflicto de intereses

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

Referencias bibliográficas

- Aquilani, B., Laureti, T., Poponi, S. and Secondi, L. (2015). Beer choice and consumption determinants when craft beers are tasted: An exploratory study of consumer preferences. *Food Quality and Preference*, 41, 214-224. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.12.005>
- Balli, D., Bellumori, M., Orlandini, S., Cecchi, L., Mani, E., Pieraccini, G., Mulinacci, N. and Innocenti, M. (2020). Optimized hydrolytic methods by response surface methodology to accurately estimate the phenols in cereal by HPLC-DAD: The case of millet. *Food Chemistry*, 303, 125393. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125393>
- Cury, K., Aguas, Y., Martinez, A., Olivero, R. y Ch, L. C. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 9(S1), 122-132. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.nS.2017>

- Coronado, A., Montero, G., Montes, G., Valdez, B., Ayala, R., García, C. y Moreno, A. (2020). Caracterización físico-química y análisis SEM-EDX del grano gastado de la industria cervecera artesanal. *Sostenibilidad*, 12(18), 7744. <https://doi.org/10.3390/su12187744>
- García, M. (2017). *Los residuos de cerveza como fuente de antioxidantes naturales*. Tesis de maestría. Universidad Politécnica de Cataluña. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/115468/Los%20residuos%20de%20cerveza%20como%20fuente%20de%20antioxidantes%20naturales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garavaglia, C. and Swinnen, J. (2017). The craft beer revolution: An international perspective. *Choices*, 32(3), 1-8. <https://www.jstor.org/stable/90015005>
- Giovenzana, V., Beghi, R. and Guidetti, R. (2014). Rapid evaluation of craft beer quality during fermentation process by vis/NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 142, 80-86.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 540. (INEN) (1980). *Alimentos para animales*. Determinación de la pérdida por calentamiento. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/540.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 541. (INEN) (1980). *Alimentos para animales*. Determinación de la materia grasa. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/541.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica (INEN). (1980). Ecuatoriana NTE INEN 542. *Alimentos para animales*. Determinación de la Fibra Cruda. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/542.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 543. (INEN) (1980). *Alimentos para animales*. Determinación de la proteína cruda. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/543.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 544. (INEN) (1980). *Alimentos para animales*. Determinación de las Cenizas. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/544.pdf>
- Kirin Beer University Report, (2015). *Kirin Beer University Report Global Beer Consumption by Country in 2014 | News Releases | Kirin Holdings*.
- Liñán-Montes, A., De la Parra-Arciniega, S. M., Garza-González, M. T., García-Reyes, R. B., Soto-Regalado, E. and Cerino-Córdova, F. J. (2014). Characterization and thermal analysis of agave bagasse and malt spent grain. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 115(1), 751-758.
- Medina-Saavedra, T., Arroyo-Figueroa, G., Herrera-Méndez, C., Gantes-Alcántar, M., Mexicano-Santoyo, L. y Mexicano-Santoyo, A. (2018). Análisis químico proximal en residuos sólidos de cerveza artesanal y su aceptación en cerdas. *Abanico Veterinario*, 8(3), 86-93. <https://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.83.6>
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. (2019). *Alimentos Argentinos*. Disponible en http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/Revista/AA_76.pdf
- Monteiro, C., Malavazi, B., Mendes, M., Berwig, K., Raniero, G., Monteiro, A. and Clifford, M. (2019). Biomaterial based on brewing waste and vegetable resin: Characterization and application in product design. *Chemical Engineering Transactions*, 75, 475-480. <https://www.cetjournal.it/index.php/cet/article/view/CET1975080>
- Nigam, P. (2017). An overview: Recycling of solid barley waste generated as a by product in distillery and brewery. *Waste Management*, 62, 255-261. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.02.018>
- Onofre, B., Bertoldo, C., Abatti, D. and Refosco, D. (2018). Physicochemical characterization of the brewers' spent grain from a brewery located in the southwestern region of Paraná-Brazil. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 5(9). <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.5.9.3>
- Pinheiro, T., Coelho, E., Romani, A. and Domingues, L. (2019). Intensifying ethanol production from brewer's spent grain waste: Use of whole slurry at high solid loadings. *New Biotechnology*, 53, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2019.06.005>
- Sheldon, R. A. (2016). Green chemistry, catalysis and valorization of waste biomass. *Journal of Molecular Catalysis. A, Chemical*, 422, 3-12. <https://doi.org/10.1016/j.molcata.2016.01.013>

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Oscar Luis Torres Barberán	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica; análisis e interpretación de los datos; edición y preparación del manuscrito; corrección de estilo.
Wagner Antonio Gorozabel Muñoz	Diseño de la investigación; análisis estadístico e interpretación de los datos.



Uso de biomasa algal en la elaboración de balanceados para nutrición animal

Use of algal biomass in the production of feed for animal nutrition

Autores

✉ **Francisco Javier Vásquez García**

✉ ***Ever Dario Morales Avendaño**

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manabí, Ecuador.

* Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Vásquez García, F. J. y Morales Avendaño, E. D. (2022). Uso de biomasa algal en la elaboración de balanceados para nutrición animal. *La Técnica*, 12(1), 45-53. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v27i1.4801>

Recibido: Febrero 18, 2022

Aceptado: Mayo 17, 2022

Publicado: Junio 30, 2022

Resumen

Las algas poseen aporte proteico, de minerales, fibras, antioxidantes, prebióticos e inmunoestimulantes, características importantes de un alimento para la nutrición animal. Existen evidencias sobre inclusiones de harina de algas, demostrando ser una materia prima alternativa para la formulación de alimentos, debido a su aporte al rendimiento, digestibilidad, mejora de parámetros de salud, incluso favorece aspectos sensoriales en la carne de las especies del sector ganadero. La zona costera de Ecuador alberga una gran diversidad de especies de algas, de las cuales se dispone de poca información, acerca de sus propiedades nutricionales; para su consumo en la dieta animal y otros fines industriales. Estudios recientes han demostrado lo factible que es el uso de las harinas de microalgas, siendo las más utilizadas las de *Spirulina* (*Arthrospira* sp.) y *Chlorella* sp. y así como también, las de macroalgas; tales como *Rhodomenia howeana* y *Palmaria palmata* (rodofitas); además de *Ulva* sp. (clorofita), de *Lessonia trabeculata* y *Laminaria digitata* (feofita). La presente revisión conforma una integración de los avances tecnológicos sobre el uso directo y producción de biomasa algal como materia prima en la elaboración de balanceados para nutrición animal, en especies productivas del sector caprino, bovino, acuícola, avícola, porcícola y cunícola.

Palabras clave: algas; balanceados; biomasa; materia prima; nutrición.

Abstract

Algae have contribution of protein, minerals, fiber, antioxidants, prebiotics and immunostimulant, very important characteristics of a food for animal nutrition. There is evidence on inclusions of algae flour, proving to be an alternative raw material for food formulation, because to its contribution on performance, digestibility, improvement of health parameters, even favors the sensory aspects in the meat of the species of the livestock sector. The coastal area of Ecuador is home to a great diversity of species of algae, of which little information is available about their nutritional properties; for consumption in the animal diet and other industrial purposes. Recent studies have shown how feasible the use of microalgae flours is, the most used being those of *Spirulina* (*Arthrospira* sp.) and *Chlorella* sp., and as well as those of macroalgae; such as *Rhodomenia howeana* and *Palmaria palmata* (rhodophyta); in addition to *Ulva* sp. (chlorophyta), *Lessonia trabeculata* and *Laminaria digitata* (Phaeophyta). This review forms an integration of technological advances on the direct use and production of algal biomass as a raw material in the elaboration of balanced for animal nutrition, in productive species of the goat, bovine, aquaculture, poultry, pig and rabbit sectors

Keywords: algae; balanced; biomass; nutrition; raw material.



Introducción

Las algas constituyen organismos eucariotas y procariotas, tanto microscópicos y macroscópicos; las cuales han sido utilizadas desde tiempos milenarios como alimento, principalmente en países asiáticos y su demanda ha aumentado en las últimas décadas en países de Norte América, Sudamérica y Europa, principalmente por la gran migración de asiáticos a otros países del mundo (Gutiérrez et al., 2017; Rojas et al., 2018).

Los productos derivados de las algas marinas han tenido éxito en la industria y por esto la demanda se ha incrementado, de tal forma que, diversos países han dado inicio al cultivo de las especies comerciales, debido al éxito económico proveniente del cultivo y extracción de macroalgas. Esta actividad ha sido adoptada también en Chile, Argentina, Brasil, Colombia, Cuba, Ecuador, México y Perú (Montoya et al., 2017).

La producción de algas es actualmente apenas una fracción de la producción mundial respecto a las plantas terrestres; ya que son aproximadamente 30 millones de toneladas, valoradas en alrededor de US\$ 8000 millones. Asia es el continente de mayor producción y destacan China, Indonesia, Filipinas, República de Corea, Japón y Malasia (Berger, 2020).

La alimentación animal, históricamente compite por materias primas con la alimentación humana (Borrás y Torres, 2016). Las algas marinas y ciertas microalgas de agua dulce son bien reconocidas por su riqueza en fibra, proteínas, lípidos y minerales (López et al., 2016; Suarez et al., 2018; Fernández y Elmer, 2019).

En estudios realizados se demuestra que, con el suplemento de algas marinas proporcionadas al ganado vacuno se alcanzó una producción de leche significativamente alta y mejorada en un 4% de grasa a diferencia de otros grupos, esto con el uso de 20% de algas pardas (*Sargassum wightii*) en la mezcla de balanceado (Singh et al., 2017).

En cuanto al renglón avícola, se ha descrito que con la incorporación del 3% de *Ulva lactuca* en balanceados para pollos se aumentó el rendimiento del músculo de la pechuga y así como una disminución de las concentraciones de lípidos séricos, colesterol y ácido úrico en pollos de engorde, en comparación con las aves alimentadas únicamente con dieta de maíz. Así mismo, en gallinas ponedoras, se ha reconocido la incorporación de algas rojas *Chondrus crispus* y *Sarcodiotheca gaudichaudii* por su efecto probiótico para mejorar la salud intestinal, la productividad y la calidad del huevo de gallinas (Bleakley y Hayes, 2017).

En los últimos años se ha registrado un incremento del 3,5% en el sector de alimentos y así se continuará acrecentando, debido al crecimiento de la población y al mejoramiento de la capacidad económica de las personas. Estos parámetros han marcado

el ritmo para el desarrollo de la agroindustria de alimentos balanceados debido al aumento en la demanda de proteína animal, la misma que proviene de la producción avícola, bovina, porcina, acuícola y así como también, cuyes y conejos (Piowar y Harasym, 2020).

Las demandas alimentarias junto con las nuevas orientaciones en el campo de la nutrición han impulsado una mirada hacia alimentos alternativos con mejores sabores saludables, nutritivos y de un costo accesible (Suarez et al., 2018; Bikker et al., 2020). Para el caso del uso de complemento alimenticio animal se han alcanzado logros mediante materias primas no convencionales y de buena calidad, como por ejemplo, el uso de harina de alga (Borrás y Torres, 2016; Sarmiento, 2019). No obstante, en Ecuador existe poca investigación sobre la aplicación de las algas marinas como fuente de alimentos, aun cuando se reconoce como un recurso abundante y con muchos potenciales; por lo que, se ha dado inicio al estudio de diversas algas en cuanto a su composición nutricional para revalorizar esta materia prima (Rojas et al., 2018).

Por ello, el objetivo de este trabajo fue la integración de información actualizada sobre la aplicación de biomasa algal en la elaboración de balanceados para nutrición animal, debido a que es poco conocida por parte del consumidor, así como sus bondades nutricionales.

Metodología

El trabajo correspondió a una revisión bibliográfica con rigor científico, siendo una investigación descriptiva con razonamiento lógico para sistematizar la información obtenida de fuentes informativas tales como, Scopus, Scielo, Redalyc, Dialnet, Springer, entre otras plataformas a nivel nacional e internacional, publicadas durante los últimos 5 años.

De acuerdo a las diferentes técnicas de revisión de literatura especializada, se ha realizado una secuencia ordenada a partir de la elección de una base de datos, obtenidas de fuentes primarias, secundarias y terciarias (Gómez et al., 2014), con respecto al uso de macroalgas marinas y de agua dulce con elevada calidad nutricional para ser utilizadas como materia prima en la formulación de balanceados para la alimentación animal.

La esquematización de información se desarrolló mediante la inclusión de tablas integrativas sobre las algas más utilizadas en balanceados para nutrición animal y en las cuales se identificaron género, composición bioquímica, distribución geográfica y utilidad de estas en la alimentación animal; además, de comparar y describir las metodologías aplicadas en cuanto a la obtención e inclusión de harinas de algas en balanceados para nutrición avícola, porcina, bovina, acuícola, entre otros.

Resultados

La producción de alimento balanceado para animales se distribuye en cuatro sectores, a nivel mundial, el sector avícola que representa el 65%, porcícola el 14% y vacunos el 10%, y el porcentaje restante se distribuye para peces, equinos, conejos y preparaciones especiales (García, 2018). Las principales materias primas utilizadas en la producción de alimentos balanceados para animales provienen del sector primario (maíz, sorgo, soya, yuca y aceite crudo de palma), y del sector secundario (harina de carne, harina de pescado, salvado, tortas de ajonjolí, afrecho de cereales, entre otros); además, el 90% de las materias primas son importadas y solo el 10% corresponden a la producción nacional (Parra et al., 2016).

La harina de pescado se considera actualmente la materia prima más cotizada por su calidad nutricional, la cual puede registrar una fuente de energía concentrada entre 70-80% en forma de proteína, conteniendo además minerales y vitaminas en cantidades importantes (Pino et al., 2019).

Con relación a la harina de maíz, se destaca su moderado contenido de ácido linoleico, energía y proteína (Casas et al., 2016); sin embargo, cada vez es menor la disponibilidad de estas materias primas requeridas para la elaboración de los alimentos, debido a que, ocupan más suelo agrícola, afectando el ambiente e indirectamente la salud de las personas para su obtención (Campos y Arce, 2016).

En países de la Unión Europea, aún es limitada la producción y aplicación de algas, aproximadamente el 0,3% con respecto a la obtención mundial, encontrándose muy lejos de países como China e Indonesia, que proporcionaron el 47 y el 35%, respectivamente. Actualmente, países como Francia ocupan la primera posición con 58.812 toneladas de algas verdes y pardas, con industrias procesadoras, en España con 2.154 toneladas, Italia con 1.200 toneladas, y por último, países que se dedicaron muy poco a su producción, tales como Perú, Colombia, Brasil, México y Venezuela.

Las algas son una alternativa interesante a otros biocombustibles, suplementos alimenticios para animales, medicinas y antioxidantes, que pueden convertirse en un recurso para las comunidades que lo necesiten (Espinosa et al., 2020). La zona costera de Ecuador es una fuente de gran diversidad de macroalgas, específicamente en la provincia de Santa Elena, entre las cuales se encuentran las algas rojas: *Acanthophora spicifera*, *Hypnea spinella* y *Kappaphycus alvarezii* (algas rojas), y representantes de algas pardas, tales como, *Padina pavonica* y *Spatoglossum scroederi*, para el caso de las algas verdes, diversas especies del género *Ulva* (figura 1); de las cuales se requiere de estudios para conocer sus propiedades nutricionales; a fin de lograr su cultivo sustentable para incrementar su producción y consumo en la dieta animal y otros fines industriales (D'Armas et al., 2019). No obstante, actualmente se están realizando estudios como materia prima complementaria de balanceados comerciales para nutrición avícola. Por lo que, la agroindustria a nivel de Ecuador podría ser el sector más prometedor para la producción de biomasa de algas.

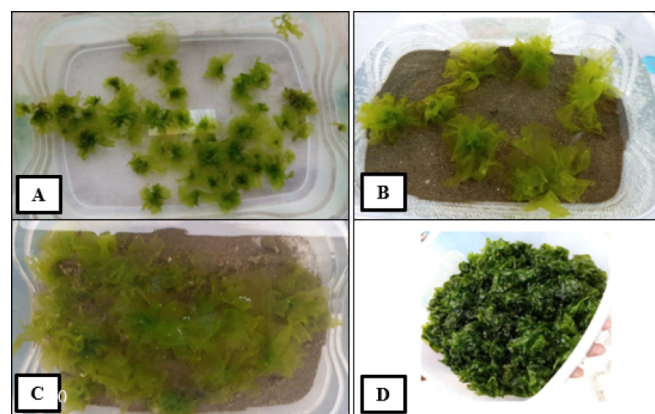


Figura 1. Cultivo artesanal discontinuo de *Ulva* sp. (A) Siembra, (B) Crecimiento, (C) Maduración y (D) Cosecha.

Se ha encontrado que los resultados de fibra detergente neutro “FDN” (componentes como hemicelulosa, celulosa, lignina, entre otros) de las algas marinas son comparables a otros forrajes, tales como alfalfa, maíz y trigo, teniendo aproximadamente el 45% de FDN (Ford et al., 2020). El 30% de la producción mundial está destinada al consumo animal y, de hecho, el 50% ha sido con la aplicación de microalgas del género *Arthrospira*.

Otras especies tales como *Chlorella*, *Scenedesmus* y *Spirulina*, tienen aspectos beneficiosos para los animales, debido a que mejoran su respuesta inmune, infertilidad, control de peso, piel más sana y pelo brillante. Se utilizan en la alimentación de gatos, perros, peces, camarones, aves, caballos y ganado vacuno; sin embargo, no se recomienda la alimentación prolongada sobre todo a altas concentraciones, en especial las dietas a base de cianobacterias. Se ha determinado que por lo menos, hasta un 10% de la dieta conformada por *Chlorella* no presentó toxicidad (Hernández y Labbé, 2014).

Las macroalgas marinas *Porphyra*, *Ulva* y *Alaria* contienen vitamina C en concentraciones similares al limón. Una porción de 100 g de *U. lactuca* aportó aproximadamente 257 mg de calcio, semejante al aporte del queso. Entre los microelementos se incluyeron Cu, Se, Mo, F, Mn, B, Ni y Co (Montoya et al., 2017). Los carotenoides constituyen uno de los principales compuestos de las algas y son considerados como compuestos esenciales para la salud, crecimiento, metabolismo y reproducción en los peces (Velasco y Gutiérrez, 2019). Su aplicación en la alimentación de peces ha tenido interés desde una doble perspectiva; la primera, reduciendo la dependencia de insumos derivados de las pesquerías, y la segunda, mejorando el estado de condición de los animales en las distintas etapas de su vida productiva (Vizcaino, 2016).

Hoy en día se demandan suplementos alimenticios más naturales y seguros que mejoren la salud animal y bienestar, que respondan al sistema agroalimentario y a las necesidades de los consumidores, de manera sustentable, de los cuales se han probado en distintas especies animales para comprobar sus beneficios, tal como se observa en la figura 2.

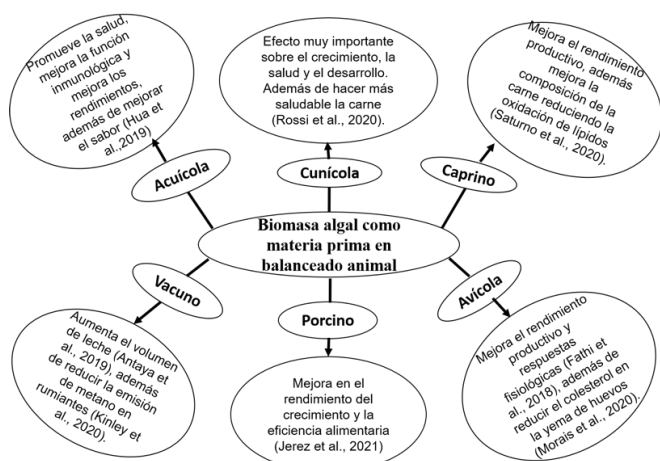


Figura 2. Algunos efectos de la suplementación de biomasa algal en el balanceado animal, con base a estudios de diversos autores.

En Argentina, se ha estudiado el uso de algas para la alimentación de camarones, se han probado extractos de wacame (*Undaria pinnatifida*) como aditivo alimenticio del camarón (*Artemesia longinaris*) y registraron una mejora en el crecimiento evidenciado en un mayor peso. También en la nutrición piscícola se evaluó la alimentación del pacú (*Piaractus mesopotamicus*) con un alga marina roja (*Pyropia columbina*) y se observaron efectos beneficiosos sobre el metabolismo de los lípidos en los peces a diferencia de los que no se alimentaron con algas (Camurati et al., 2019).

Las especies de *Sargassum* del golfo de California han sido utilizadas como forraje para cabras y ovejas, y en dietas balanceadas para pollos y camarones (Casas et al., 2016). Varias especies de microalgas que incluyen *Spirulina*, *Clorella*, y *Esquizoquitrio* sp., y macroalgas como *Laminaria* sp. y *Ulva* sp. se puede incorporar como fuentes de proteínas en las dietas de aves, cerdos, vacas, ovejas y conejos. La incorporación de algas pardas de los géneros *Fucus* y *Sargassum* al 4% en la mezcla concentrada de cabras adultas, aumentó las concentraciones de glucosa, proteína total, Cu y Zn, sin ningún impacto adverso sobre otros metabolitos sanguíneos (Yengkhom et al., 2019). La suplementación a largo plazo tanto de las hembras lactantes como de las crías con altas dosis de algas pardas y polifenoles vegetales mejoró el rendimiento del crecimiento y los parámetros nutricionales y sensoriales de la carne (Rossi et al., 2020).

La inclusión de *Asparagopsis* sp. al 0,05; 0,10 y 0,20% en ganado vacuno alimentado con una dieta rica en cereales, resultó en una disminución de la producción de metano ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de biomasa seca) de 9, 38 y 98%, respectivamente, sin comprometer la ingesta de alimento. La tasa de crecimiento de los novillos fue mejorada por

los niveles de inclusión de 0,10 y 0,20% después del período de finalización de 90 días con incrementos de crecimiento de peso promedio diario de 26 y 22%, respectivamente. Esto demostró que *Asparagopsis* sp. puede ser un actor clave para reducir la emisión de metano en los rumiantes, sin efectos secundarios; sin embargo, las algas marinas deben agregarse al alimento normal como complemento alimenticio para que sea eficaz (Kinley et al., 2020), esto mitigaría el problema mundial del ganado ya que es una fuente importante de emisiones de metano (Ávila et al., 2016), tal como se observa en la figura 3.

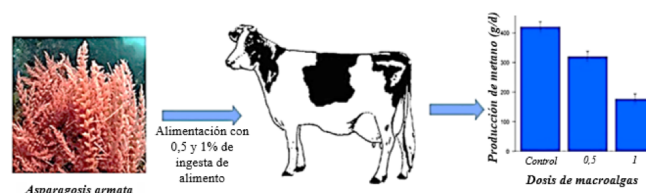


Figura 3. Inclusión de *Asparagopsis armata* (rodofita) en la dieta de vacas lecheras lactantes para reducir la emisión de metano entérico en más del 50%. Fuente: Roque et al., 2019.

Ulva lactuca ha sido reportada como un alimento bajo en energía y alto en proteínas adecuado para ovejas y cabras. Aun con ello, pueden no ser adecuadas para la suplementación en ovejas gestantes, ya que se ha informado que interfirieron con la inmunidad pasiva en corderos, aumentaron la tasa de mortalidad y provocaron abortos (Bleakley y Hayes, 2017). La mayor parte de las investigaciones sobre la incorporación de algas en la alimentación animal se ha aplicado en aves de corral y engorde, gracias a su rápido crecimiento y corto ciclo de vida (Bleakley y Hayes, 2017).

Por otra parte, se ha observado que, enriquecer el balanceado de un pollo de engorde con algas verdes, o una mezcla de algas verdes y rojas, estimularon tanto el crecimiento como la salud. Adicionalmente, las algas del género *Ulva*, han demostrado que con su inclusión de 1 a 3%, se incrementó la producción y calidad de los huevos, aumentando el peso, grosor de la cáscara, mejor color y reducción del colesterol de la yema; así mismo, el extracto de algas también redujo la presencia de *Escherichia coli* en las heces y carne, lo que sugiere una mejor salud de los animales y una tasa de conversión alimenticia decreciente (Morais et al., 2020).

A continuación, se presenta un registro sobre la utilidad, composición química, y lugares de distribución de especies de algas de importancia en alimentación animal, tal como se observa en las tablas 1 y 2.

Las proteínas de las algas se extraen convencionalmente mediante métodos acuosos, ácidos y alcalinos, seguidos de varias rondas de centrifugación y recuperación utilizando

Tabla 1. Registro de microalgas de importancia alimenticia.

Especie de alga	Cultivo o recolecta	Utilidad	Composición química	Distribución geográfica	Referencia
<i>Arthrospira</i> sp.	Cultivo discontinuo y cultivo semicontinuo	Alimentación humana alimento para moluscos, alimento balanceado tilapia, bovinos y biorremediación	-Proteína: 55-70 % -Cenizas: 10,96% -Fibra: 14% -Grasa: 5,28% -Vitaminas, minerales, enzimas, ácidos grasos y aceites esenciales.	<i>Arthrospira platensis</i> se desarrolla en países de África, Asia y Sudamérica.	(Parra et al., 2019; Rivera et al., 2017; Barraza et al., 2020)
<i>Chlorella</i> sp.	Cultivo discontinuo y semicontinuo.	Alimento para el ganado; bivalvos, crustáceos y tilapia.	-Proteína: 39,85% -Fibra: 12% -Grasa: 10,7% -Lípidos: 20,8% -Ácidos grasos: 52% -Vitaminas, minerales, carbohidratos	Asia, México, EE.UU. y Sur América.	(Somruethai et al., 2017; Matos et al., 2018; Barraza et al., 2020; El-Sheekh et al., 2020)

Tabla 2. Registro de macroalgas de importancia alimenticia.

Especie de alga	Cultivo o recolecta	Utilidad	Composición química	Distribución geográfica	Referencia
<i>Rhodomenia</i> sp.	Recolecta	Uso farmacológico. Productoras de sustancias bioactivas y balanceados para ganado, peces y como alimento humano.	-Proteína: 28,56% -Cenizas: 21,08% -Fibra: 26% -Ácidos grasos: 90% -Ácidos grasos omega 3 -Aminoácidos esenciales carbohidratos, vitaminas y 10% de minerales.	Asia y en los mares de Norteamérica.	(Peralta et al., 2016; Rojas et al., 2018).
<i>Ulva</i> sp.	Recolecta	Fertilizante agrícola; biocombustibles; alimentación funcional de camarones, moluscos, peces, vacuno, cerdos, conejos, perros y pollos.	-Proteína: 27,38% -Fibra: 3,37% -Grasa: 0,48% -Ceniza: 24,07% -Energía: 3408,8 cal·g ⁻¹ -Vitaminas Minerales (K, Ca, Mg, Na, P) y aminoácidos esenciales.	Asia, Europa, países del norte, centro y sur América.	(Abram y Castellón, 2019; Sumarriva et al., 2019) la evidencia arqueológica más antigua del consumo de algas se encuentra a lo largo de la costa peruana e.g. en Pampa (ca. 2500 a. C.)

Tabla 2. Registro de macroalgas de importancia alimenticia. Continuación...

<i>Lessonia trabeculata</i>	Recolecta	Complemento alimenticio moluscos y peces; bioplásticos, agentes saborizantes; nutricosméticos y dietéticos.	-Proteína: 13,68% -Grasas: 10,51% -Hidratos: 74,62% -Cenizas: 20,0% -Vitaminas y minerales	Sudamerica	(Méndez y Amachi, 2018; Morales et al., 2019; Purcell et al., 2021)
<i>Laminaria digitata</i>	Recolecta	Balanceados (vacas, ovejas, cabras, aves, cerdos, camarones y peces). Aceites.	-Proteína: 21,5-32% -Cenizas: 36% -Fibra: 40%	Océano atlántico.	(Bikker et al., 2020; Mohammed et al., 2021)
<i>Palmaria palmata</i>	Recolecta	Condimento, cosmético; Medicina humana y alimentación para ganado y peces.	-Proteína: 20,8% - ácidos orgánicos: 10,61% -Fibra: 27,3% -Energía, lípidos, cenizas, vitaminas y minerales.	Costas norte océanos Atlántico y Pacífico.	(Bikker et al., 2020; Echave et al., 2021; Mohammed et al., 2021)
<i>Asparagopsis armata</i>	Recolecta	Aditivo en alimentos. Reducción de emisiones de metano entérico; cosmética y medicina. Plaguicida.	-Proteína: 15,5% -Cenizas: 8,57% -Fibra: 30% -Materia orgánica: 92,3% -Grasa: 8,33% -Vitaminas y minerales.	Se encuentra en el océano atlántico, Europa, África y Asia.	(Roque et al., 2019; Kinley et al., 2020)
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	Recolecta	Alimento para el ganado y acuicultura; biocombustible. Complemento alimenticio, cosmética y medicina.	-Proteína: 17% -Cenizas: 4,62% -Fibra: 0,64% -Grasa: 0,05% -Ácidos orgánicos, vitaminas y minerales.	Indonesia y continente americano.	(Xiren y Aminah, 2017; Adharini et al., 2020)

técnicas como ultrafiltración, precipitación o cromatografía. Los métodos de extracción química han sido especialmente eficaces para extraer proteínas de *Ascophyllum nodosum*, *Ulva* spp. y *Laminaria digitata* como alimento alternativo en rumiantes, porcinos y aves, siendo los alcaloides los de mayor presencia, seguidos de los del grupo α -amino, además de la realización de análisis bromatológicos para determinar cantidad de vitaminas, fibra, minerales, entre otros (Espinosa et al., 2020).

Discusión

Los resultados del estudio sugirieron que las algas representan una alternativa para reducir el uso de ingredientes químicos o sintéticos en la dieta de los animales y de poder reemplazar insumos en las formulaciones de balanceados para animales. Los efectos de su inclusión como aditivo o suplemento se han probado sobre el rendimiento del crecimiento, digestibilidad de nutrientes, actividades prebióticas, antioxidantes, antiinflamatorias e

inmunomoduladoras (Jerez et al., 2021), en la dieta de corderos (Bleakley y Hayes, 2017), ganado vacuno (Kinley et al., 2020), pez (Vizcaino, 2016), las gallinas ponedoras (Bleakley y Hayes, 2017) y pollos de engorde (Velten et al., 2018), conejos (Varela y Varela, 2019) y porcinos (Ford et al., 2020).

Con lo que respecta a ciertos tipos de algas, se ha determinado que las rodfitas; tales como *Palmaria palmata* contienen 21,9% de proteína y un contenido de grasa del 8,9% más alto que en los reportados en algas pardas que se registraron entre el 7 al 12% de proteína y de 1 al 6% de grasa, mientras el alga verde *U. lactuca* presentó un contenido de proteína de 16,2% y un contenido de grasa comparable de 1,3% con el de algas pardas (Corino et al., 2019).

Las algas marinas *Alaria esculenta*, *Laminaria digitata*, *Saccharina latissima* y *P. palmata* se comportaron similar, al ser ricas en almidón. La inclusión de estas algas en una dieta

de hasta 200 g·kg⁻¹ de concentrado produjo ciertamente efectos sutiles para la fermentación ruminal (Moneda et al., 2019).

La suplementación con algas podría ayudar a los pequeños rumiantes a combatir los efectos negativos de los factores de estrés a través de una mayor actividad antioxidante, una mejor resistencia a las enfermedades, una mayor estabilidad del color y una vida útil prolongada de la carne (Kannan et al., 2019), estando de acuerdo con lo expuesto por Nayhara et al. (2019) que además puede contribuir a atenuar los efectos deletéreos del estrés en cabras lactantes, sobre todo los provocados por el ambiente.

Conclusiones

Las algas conforman un grupo de organismos fotosintéticos primarios a los cuales se les han identificado sus propiedades como materia prima para ser utilizadas como aditivo o complemento alimenticio animal por su composición bioquímica y nutricional necesarias para el crecimiento, engorde y mejoramiento de la salud animal.

Por ello, los alimentos con la incorporación de harina de algas representan una alternativa en la dieta de animales, logrando alcanzar similares o mejores resultados de los que se consiguen con insumos tales como la harina de pescado, maíz, soya y ciertos productos vitamínicos y prebióticos que se utilizan para enriquecer los piensos.

Los efectos de su uso han favorecido el rendimiento, crecimiento, digestibilidad en las especies suministradas; además, de poseer actividad prebiótica, antioxidante, hasta mejorar su sabor y aspectos sensoriales en la carne de las especies productivas en caprinos, vacunos (reduciendo emisiones de efecto invernadero y aumento del volumen de leche); peces (eficiencia de conversión alimenticia; camarones (estimulando el sistema inmune; langostas (disminuyendo el estrés y mejora en el sabor) y aves (incremento de la producción para engorde y postura; en porcinos (mayor rendimiento y composición de la carne) y en conejos (estimulando el crecimiento, salud y desarrollo).

Conflicto de intereses

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

Referencias bibliográficas

- Abram, C., y Castellón, C. (2019). Una dieta a base de harina de *Ulva lactuca* mejora el crecimiento de alevines de baucos *Girella laevis* (Pisces: Kyphosidae). *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 191-197.
- Adharini, R. I., Setyawan, A. R., Suadi y Jayanti, A. D. (2020). Comparison of nutritional composition in red and green strains of *Kappaphycus alvarezii* cultivated in Gorontalo Province, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 147, 3-7.
- Ávila, A., Chávez, A., Cisneros, M., Morales, S., Ramos, S., Rentería, E., y Mata, M. (2016). Producción de metano en ganado rumiante. *Instituto de Innovación en Biosistemas para Zonas Áridas*, 1, 548-554.
- Berger, C. (2020). La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *South Sustainability*, 1(1), 1-11.
- Bikker, P., Stokvis, L., van Krimpen, M. M., van Wikselaar, P. G. y Cone, J. W. (2020). Evaluation of seaweeds from marine waters in Northwestern Europe for application in animal nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 263(114460), 1-14.
- Bleakley, S. y Hayes, M. (2017). Algal proteins: Extraction, application, and challenges concerning production. *Foods*, 6(5), 1-34.
- Borrás, L. y Torres, G. (2016). Producción de alimentos para animales a través de fermentación en estado sólido-FES. *Orinoquia*, 20(2), 47-54.
- Campos, C. Arce, J. (2016). Sustitutos de maíz utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Revista Nutrición Animal Tropical*, 10(2), 91-113.
- Casas, M., Sánchez, I., Serviere, E. Águila, R. (2016). Temporal changes in the biomass and distribution of *Sargassum* beds along the southeastern coast of the Baja California Peninsula. *Ciencias Marinas*, 42(2), 99-109.
- D'Armas, H., Jaramillo, C., D'Armas, M., Echavarría, A. Valverde, P. (2019). Proximate composition of several green, brown and red seaweeds from the coast of Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 67(1), 61-68.
- Echave, J., Lourenço, C., Carreira, A., Chamorro, F., Fraga, M., Otero, P., García, P., Baamonde, S., Cao, H., Xiao, J., Prieto, M. Simal, J. (2021). Nutritional composition of the Atlantic Seaweeds *Ulva rigida*, *Codium tomentosum*, *Palmaria palmata* and *Porphyra purpurea*. *Chemistry Proceedings*, 5(67), 1-7.
- El-Sheekh, M., Abu-Faddan, M. and Abo-Shady, A. (2020). Molecular identification, biomass, and biochemical composition of the marine chlorophyte *Chlorella* sp. MF1 isolated from Suez Bay. *J. Genet. Eng. Biotechnol.*, 18, 27.
- Fernández, A. y Elmer, A. (2019). Taxonomía e importancia de "Spirulina" *Arthrospira jnneri* (Cyanophyceae: Oscillatoriaceae). *Arnaldoa*, 26(3), 1091-1104.
- Ford, L., Curry, C., Campbell, M., Theodoridou, K., Sheldrake, G., Dick, J., Stella, L. y Walsh, P. (2020). Effect of phlorotannins from Brown Seaweeds on the in vitro digestibility of pig feed. *Revista Animals*, 10(2193), 1-16.
- García, E. (2018). *La producción de soya en la cadena de alimentos balanceados para animales*. In: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) Biblioteca Agropecuaria de Colombia, (BAC).
- Gómez, E., Fernando, D., Aponte, G. y Betancourt, L. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *Dyna*, 81(184), 158-163.



- Gutiérrez, R., González, K., Rivera, Y., Acosta, Y., y Marrero, D. (2017). Algas marinas, fuente potencial de macronutrientes. *Revista Investigaciones Marinas*, 37(2), 16-28.
- Hernández, A. y Labbé, I. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49(2), 157-173.
- Hua, K., Cobcroft, J., Cole, A., Condon, K., Jerry, D., Mangott, A., Praeger, C., Vucko, M., Zeng, C., Zenger, K. and Strugnell, J. (2019). The future of aquatic protein: Implications for protein sources in aquaculture diets. *One Earth*, 1(3), 316-329.
- Jerez, N., Sasánchez, M., Pulido, F. y Mendoza, J. (2021). Efecto de las algas pardas en la dieta (M. pyrifera). Aditivo sobre la calidad de la carne y la composición de nutrientes de los cerdos de engorde. *Revista Alimentación*, 10(1720), 1-11.
- Kannan, G., Terrill, T., Kouakou, B. and Lee, J. (2019). *Dietary brown seaweed extract supplementation in small ruminants*. pp. 291-312. In: N. Joshee, S. Dhekney and P. Parajuli (Eds.). Medicinal Plants.
- Kinley, R., Martinez, G., Matthews, M., de Nys, R., Magnusson, M., and Tomkins, N. (2020). Mitigating the carbon footprint and improving productivity of ruminant livestock agriculture using a red seaweed. *Journal of Cleaner Production*, 259(20), 1-10. 120836.
- López, I., Vásquez, J. y Álvarez, V. (2016). Remoción biológica de nutrientes en aguas residuales urbanas con fotobiorreactores utilizando microalgas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 17, 3569-3580.
- Matos, P., Ferreira, W., Morioka, L., Moecke, E., França, K. and Sant'Anna, E. (2018). Cultivation of *Chlorella vulgaris* in medium supplemented with desalination concentrate grown in a pilot-scale open raceway. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 35(4), 1183-1192.
- Méndez, S. y Amachi, F. (2018). Aceptabilidad de ensilado de alga parda (*Lessonia trabeculata*) por el abalón rojo (*Haliotis rufescens*) en condiciones experimentales. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 20(3), 281-288.
- Mohammed, H., Grady, M., Sullivan, M., Hamill, R., Kilcawley, K. and Kerry, J. (2021). An assessment of selected nutritional, bioactive, thermal and technological properties of brown and red irish seaweed species. *Foods*, 10(2784).
- Montoya, E., García, Y. y Lira, C. (2017). Usos y aplicaciones de las macroalgas marinas: una revisión. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 56(2), 89-101.
- Morais, T., Inácio, A., Coutinho, T., Ministro, M., Cotas, J., Pereira, L. and Bahcevandziev, K. (2020). Seaweed potential in the animal feed: A review. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(8), 1-24.
- Morales, C., Schwartz, M., Sepúlveda, M. y Quitral, V. (2019). Composición química y propiedades tecnológicas de alga roja, *Agarophyton chilensis* (ex *Gracilaria chilensis*). *Revista de Ciencia y Tecnología*, 31, 1-10.
- Nayhara, R., Batista, J., Valente, N., Santos de Andrade, A., Alves, A., Claudionor, S., Santos, A., Silva, E., Adson, W. y Coelho and de Costa P., L. L. (2019). Mitigating heat stress in dairy goats with inclusion of seaweed *Gracilaria birdiae* in diet. *Small Ruminant Research*, 171, 87-91.
- Parra, A., Acosta, C., Andrade, J. y Guerra, M. (2016). Análisis proximal, perfil de ácidos grasos de las vísceras del cuy (*Cavia porcellus*) y su uso potencial en la alimentación animal. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 63(2), 124-134.
- Parra, J., Torres, A., Rojas, D., Arredondo, B. y Fernández, R. (2019). Comparación nutricional entre dos cepas de *Arthrospira maxima* de origen geográfico incierto. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 10(2), 45-60.
- Peralta, E., Caamal, E., Robledo, D., Hernández, E. and Freile, Y. (2016). Lipid characterization of red alga *Rhodomenia pseudopalmata* (Rhodymeniales, Rhodophyta). *Psychological Research*, 65(1), 58-68.
- Piwowar, A. and Harasym, J. (2020). The importance and prospects of the use of algae in agribusiness. *Sustainability*, 12(14), 1-13.
- Purcell, D., Packer, M., Wheeler, T. and Hayes, M. (2021). Aquaculture production of the brown seaweeds *Laminaria digitata* and *Macrocystis pyrifera*: Applications in food and pharmaceuticals. *Molecules*, 26(5), 1306. <https://doi.org/10.3390/molecules26051306>
- Rivera, M., Gómez, L. y Cubillos, J. (2017). Efecto de ácidos húmicos sobre el crecimiento y la composición bioquímica de *Arthrospira platensis* (Cianobacteria). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 19(1), 71-80.
- Roque, B., Salwen, J., Kinley, R. and Kebreab, E. (2019). Inclusion of *Asparagopsis armata* in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 percent. *Journal of Cleaner Production*, 234, 132-138.
- Rossi, R., Vizarri, F., Ratti, S., Palazzo, M., Casamassima, D. and Corino, C. (2020). Effects of long-term supplementation with brown quality parameters. *Animals*, 10(2443), 14.

- Sarmiento, J. (2019). La producción piscícola en Patagonia Norte, Argentina: Un análisis de las trayectorias de upgrading. *Revista AquaTIC*, 1(54), 25-37.
- Singh, B., Chopra, R. and Rai, S. (2017). Nutritional evaluation of seaweed on nutrient digestibility, nitrogen balance, milk production and composition in sahiwal cows. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 87, 437-443.
- Somruethai, B., Wanna, C., Sarote, S. and Yusuf, C. (2017). Heterotrophic production of *Chlorella* sp. TISTR 8990-biomass growth and composition under various production conditions. *Biotechnology Progress*, 33(6), 1589-1600.
- Sumarriva, L., Castro, A., Sotelo, A. y Chávez, N. (2019). Evaluación biológica de proteína, vitaminas, minerales y aminoácidos del alga comestible *Ulva lactuca* "lechuga de mar" del litoral peruano. *Rev. Soc. Quím.*, 85(1), 34-42.
- Velasco, J. y Gutiérrez, M. (2019). Aspectos nutricionales de peces ornamentales de agua dulce. *Revista Politécnica*, 15(30), 82-93.
- Vizcaíno, A. (2016). Evaluación de la harina de algas como ingrediente en piensos de peces marinos. *Journal of Applied Phycology*, 28(5), 2843-2855.

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Francisco Javier Vásquez García	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Ever Dario Morales Avendaño	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.



Problemas de gobernanza en torno al uso agrícola del suelo y la demanda de agua para riego en la cuenca del río Vinces, Ecuador

Governance problems surrounding agricultural land use and irrigation water demand in the Vinces river basin, Ecuador

Autor

✉ *José Luis Muñoz Marcillo 

Facultad de Ciencias Ambientales,
Universidad Técnica Estatal de
Quevedo. Campus Ing. Manuel Haz
Álvarez, km 1,5 vía a Santo Domingo
de los Tsáchilas. EC.120501. Quevedo,
Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Muñoz Marcillo, J. L.
(2022). Problemas de gobernanza en torno
al uso agrícola del suelo y la demanda de
agua para riego en la cuenca del río Vinces,
Ecuador. *La Técnica*, 12(1), 54-61. DOI:
10.33936/latecnica.v27i1.4798

Recibido: Diciembre 04, 2021

Aceptado: Mayo 16, 2022

Publicado: Junio 30, 2022

Resumen

La cuenca del río Vinces presenta una alta aptitud agrícola que ha permitido el desarrollo intensivo de cultivos agrícolas. Aportando una cantidad importante de divisas para el país pero que también ejercen una fuerte presión sobre el recurso hídrico para su riego, desplazando importante vegetación nativa. En este contexto es necesario ejercer una gobernanza de forma tal que garantice el manejo y desarrollo territorial de la cuenca. El presente trabajo tuvo por objetivo identificar los problemas de gobernanza relacionados con el uso agrícola del suelo y la demanda de agua para riego de los cultivos en la cuenca del río Vinces. Se realizó el análisis de la situación actual de la administración general de las cuencas hídricas en Ecuador y de manera especial de esta importante cuenca del centro del país. También se efectuó el análisis de los marcos conceptuales de gobernanza y la recopilación de geoinformación digital con su posterior procesamiento en sistemas de información geográfica, la tabulación de información estadística oficial y verificación en terreno del manejo de los cultivos agrícolas. Verificándose que las coberturas agrícolas principales de la cuenca en estudio expresadas por los cultivos agrícolas de banano, cacao y palma aceitera ejercían gran presión por el espacio y el agua de la cuenca para el riego en el largo periodo de estiaje de verano. Por otro lado, las cifras que recogían las concesiones históricas de agua para riego de la cuenca por parte de la autoridad ambiental, no reflejaban el verdadero volumen empleado por el sector agrícola; evidenciado al contrastar los requerimientos de riego de los cultivos y los volúmenes de agua concesionados.

Palabras clave: cuenca; cultivos agrícolas; demarcación hidrográfica; manejo de geoinformación.

Abstract

The Vinces river basin presents a high agricultural aptitude. This factor has allowed the intensive development of crops that contribute a significant amount of foreign currency for the country, which also exerts strong pressure on the water resource for irrigation and that have displaced important native vegetation. In this context, it is necessary to exercise governance in such a way as to guarantee the management and territorial development of the basin. The objective of this paper was to identify the governance problems related to the agricultural use of land and the demand for water for the irrigation of crops in the Vinces river basin. The present investigation involved the analysis of the current situation of the general administration of water basins in Ecuador and the special way of this important basin in the center of the country, the analysis of the conceptual frameworks of governance, and the collection of digital geoinformation information with its subsequent geographic information systems, tabulation of official statistical information and verification in the field of the management of agricultural crops. The main agricultural enterprises of the basin in the study expressed by the agricultural crops of banana, cocoa, and oil palm exert great pressure on the space and water of the basin for irrigation during the long period of the summer dry season. The figures that are collected by the historical water concessions for irrigation basin of the environmental authority do not reduce the true volume used by the agricultural sector that evidence and contrast the rights of the crops and the volumes of water concessioned.

Keywords: river basin; agricultural crops; hydrographic demarcation; geoinformation management.

Introducción

En una primera aproximación, la gobernanza es una forma de gobernar, o sea un proceso, que favorece las interacciones Estado-Sociedad. Como es sabido, el espacio estatal no es su único campo de aplicación o de significación (Montoya-Domínguez y Rojas-Robles, 2016). De modo general la noción de gobernanza designa el conjunto de los procedimientos institucionales, de las relaciones de poder y de los modos de gestión públicos o privados, formales e informales, que regulan la acción de los organismos políticos (Rangel, 2021).

La gobernanza se define como el proceso de interacción entre actores estratégicos, con una clave más sociológica y política por el juego de las instituciones y de las organizaciones, de acuerdo a Leca (1996) es “la interacción de una pluralidad de actores gobernantes quienes no son todos estatales ni aun públicos”, siendo los criterios de la buena gobernanza la transparencia, participación y rendición de cuentas, de esta manera se abre la posibilidad de realizar transacciones en un entorno donde las reglas colectivas son elaboradas, decididas, legitimadas, implementadas y controladas por estos actores”.

Es considerada, además, como nivel intermedio de descentralización el que permite una mejor visión sistémica e intersectorial de la gestión pública a nivel territorial. Para eso, definen cuatro ejes de acciones: i) la coordinación y articulación de la demanda a un nivel territorial integrado como la cuenca hidrográfica; ii) la administración los recursos públicos para lograr un desarrollo económico territorial; iii) la articulación del poder entre actores del territorio; iv) la construcción de una visión territorial compartida (Sierra et al., 2021). La construcción de un pacto social territorial, de espacios de concertación y de diálogo son condiciones indispensables para la generación de gobernabilidad. El objetivo final reside en el fomento de la competitividad territorial y de un desarrollo humano sostenible.

En Ecuador se evidencia la existencia de organizaciones públicas autárquicas, con escaso grado de coordinación de acciones entre sí y nula coordinación con los actores privados y de la sociedad civil. Municipios, universidades, gremios, consejo provincial, empresa privada, direcciones ministeriales, actúan sin buscar articulaciones con los otros actores, lo que genera ineficiencia y duplicidad de esfuerzos (Castillo, 2022). De ahí que es clave el fortalecimiento del nivel intermedio de gobierno, a fin de que las políticas y los proyectos de desarrollo no queden en iniciativas aisladas y/o en documentos que no se ejecutan.

En la definición de gobierno intermedio tiene gran relevancia la visión territorial. Este concepto es el que aporta a la visión sistémica e intersectorial de la gestión pública a nivel territorial. En este sentido, se define al territorio como el espacio de

realización humana, de construcción social; con lazos culturales, políticos, sociales y económicos, que no se limita a la división política del Estado. En esta definición hay que destacar que la construcción de territorios no se restringe al ámbito administrativo provincial o local, sino que se pueden dar articulación de actores para intervenir y gestionar un espacio en función de cuencas hidrográficas, mancomunidades, regiones ecológicas (páramos y manglares, entre otros), afinidades culturales y políticas.

Mediante Decreto Ejecutivo N° 90, se estableció que la gestión integrada de los recursos hídricos se ejercerá de manera descentralizada por demarcaciones hidrográficas, cuencas o subcuencas, a través de los organismos de gestión de los recursos hídricos por cuenca hidrográfica y su respectiva autoridad, que serán establecidos por el Secretario Nacional del Agua y sus funciones, atribuciones y competencias serán establecidas en el reglamento orgánico funcional de la entidad (SENAGUA, 2009).

El presente trabajo tuvo por objetivo identificar los problemas de gobernanza relacionados con el uso agrícola del suelo y la demanda de agua para riego de los cultivos en la cuenca del río Vinces.

Metodología

Área de estudio

El Secretario Nacional del Agua mediante Acuerdo N° 2010-66 estableció y delimitó nueve demarcaciones hidrográficas, dentro de las cuales se encontraron la Demarcación Hidrográfica del Guayas (figura 1a) cuyos límites fueron: a) NORTE: 0°14'48,29" S y 79°22'37,55" O; b) SUR: 2°51'7,52" S y 79°18'11,51" O; c) ESTE: 2°6'35,75" S y 78°37'20,26" O; y, d) OESTE: 2°11'6,87" S y 81°0'31,57" O. La demarcación del Guayas cuenta con el Centro Zonal de Quevedo que tiene bajo su cargo: cuenca baja, media y alta del río Juján, cuenca baja, media y alta del río Vinces (figura 1b), cuenca alta del río Babahoyo, cuenca del río Quevedo, cuencas de los ríos Los Amarillos, La Soledad, San Antonio, San Pablo, Lulú, Toachi Grande, Baba, Las Juntas, Catarama, Simbe, Lechugal, Umbe y los esteros Ñauza, Convento, Chilintomo Grande y Las Saibas.

La cuenca del río Vinces está ubicada desde el centro al nor-oriental de la demarcación hidrográfica del Guayas, con una superficie de 426.800 hectáreas, recorriendo 267,96 km de distancia en su eje hídrico principal, discurriendo en sentido norte-sur (figura 1b), hacia el tributan los ríos Baba, Lulo y San Pablo. Administrativamente la cuenca incluye a las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas, Cotopaxi y Los Ríos, presentando un uso del suelo eminentemente agrícola con presencia de cultivos tropicales y subtropicales de exportación como abacá, arroz, banano, café, cacao, maíz y palma aceitera, entre otros.

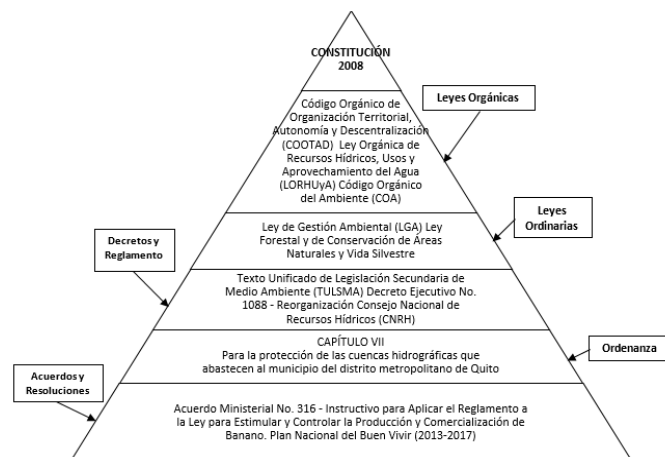


Figura 2. Pirámide de Kelsen del marco legal aplicable en Ecuador.

“Queda prohibido realizar nuevas siembras de banano. Su transgresión dio motivo a la aplicación de la sanción contemplada en la Ley Reformatoria a la Ley para Estimular y Controlar la Producción y Comercialización del Banano, Plátano (Barraganete) y otras musáceas afines destinadas a la exportación. La sanción será con ciento cincuenta (150) salarios mínimos vitales generales por hectárea, tal como lo dispone la ley dictada el 24 de julio de 1997 y publicada en el Registro Oficial No. 124 de 6 de agosto de 1997. Se hace referencia a que las plantaciones de banano calificadas como orgánicas, sembradas hasta la fecha de expedición del presente reglamento, serán inscritas con la superficie sembrada hasta la fecha y no serán motivo de sanción alguna”.

El GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado) Municipal del cantón Valencia cuya jurisdicción se encuentra totalmente dentro de la cuenca del río Vinces, destacó del resto de los GAD cantonales de la cuenca, por tener en vigencia la reforma a la ordenanza. Declarando la protección y manejo de las cuencas y microcuencas hidrográficas del cantón Valencia, de manera que en el sector rural se declaró zona de protección o franja de protección y no se permitió ningún tipo de construcción de acuerdo la siguiente categoría: Ríos 30 metros; Esteros de caudal en invierno y verano 15 metros; Esteros de caudal solo en invierno 10 metros; Estero de caudal mediano 9 metros; Estero de poco caudal 6 metros; Arroyo naciente (riachuelo) 3 metros; Quebradas 10 metros; Vertiente sumidero grande 50 metros de diámetro a la redonda; Vertientes sumidero pequeño (ojo de agua) 25 metros de diámetro a la redonda; Lagunas y lagos 10 metros desde su ribera.

La Ordenanza mencionó que los márgenes de protección indicados deben ser sembrados con especies nativas, por lo que se aplicó una exención tributaria de los impuestos prediales de esas áreas protegidas, pero si por lo contrario se ocuparon esas franjas con cultivos de banano o palma africana, el recargo será del 300% en los impuestos prediales.

De acuerdo al Plan Provincial de Riego y Drenaje (2016) los marcos legales ratificaron a la Secretaría del Agua, como la autoridad única de los Recursos Hídricos del país, a través de sus agencias EPA y ARCA, mientras que el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), a través de la Subsecretaría de Riego y Drenaje (SRD), fue designado como responsable a nivel nacional del uso de Recursos Hídricos en Riego y Drenaje, orientados al riego parcelario a nivel nacional, fomento productivo y soberanía alimentaria, de igual forma el MAE asumió la responsabilidad de dirigir la normatividad ambiental, y frente a emergencias, asumió el liderazgo la Secretaría General de Riesgos (figura 3).

En el actual esquema de actores políticos vinculados con el manejo de las cuencas hidrográficas desde el punto de vista del uso del recurso hídrico en la cuenca del río Vices, de manera directa tienen injerencia instituciones como el MAE, MAGAP, los GAD provinciales y los GAD cantonales; sin embargo, en lo referente al manejo del uso agrícola del suelo de la cuenca del río Vices (figura 4, tabla 1) no hubo al momento una institución que se encargue completamente de este aspecto.

Para la falta de gobernanza en el manejo del uso del suelo agrícola de la cuenca del río Vices se partió del concepto de gobernanza con un marco de ordenamiento territorial. De acuerdo con Mazurek (2009), la descentralización abrió las puertas al concepto de territorio y al ordenamiento territorial planteando

nuevos desafíos. En primer lugar, tener una visión territorial, en segundo lugar, disponer de instrumentos de gobernabilidad y de gobernanza del territorio, en tercer lugar, implementar una estrategia de desarrollo territorial.

De acuerdo a Abdo y Falconí (2009) la reforma del Estado debe incluir la institucionalización y fortalecimiento del rol del nivel intermedio del gobierno, necesarios para avanzar en el desarrollo del país desde los territorios propiciando la construcción de un nuevo modelo de gestión pública descentralizada provincial, territorial y nacional porque la democracia moderna no solo exige una descentralización efectiva y activa, sino además la eficiencia en la gestión y la rendición de cuentas ante la sociedad.

En Ecuador, al menos 18 de los 22 Gobiernos Autónomos Provinciales GAD provinciales tienen planes de desarrollo provincial a diferente nivel que en su mayoría no se han implementado, siendo necesario para su ejecución el fortalecimiento de las capacidades institucionales de los territorios e impulsar de manera decidida la descentralización y la reforma del Estado.

Para que el Gobierno Autónomo Provincial de Los Ríos (GPDLR) pueda aplicar una eficiente gobernanza sobre el uso agrícola del suelo en la cuenca del río Vices, fue necesario potenciar a este gobierno intermedio. Para tal efecto el CONCOPE que fue la organización política representativa responsable de impulsar

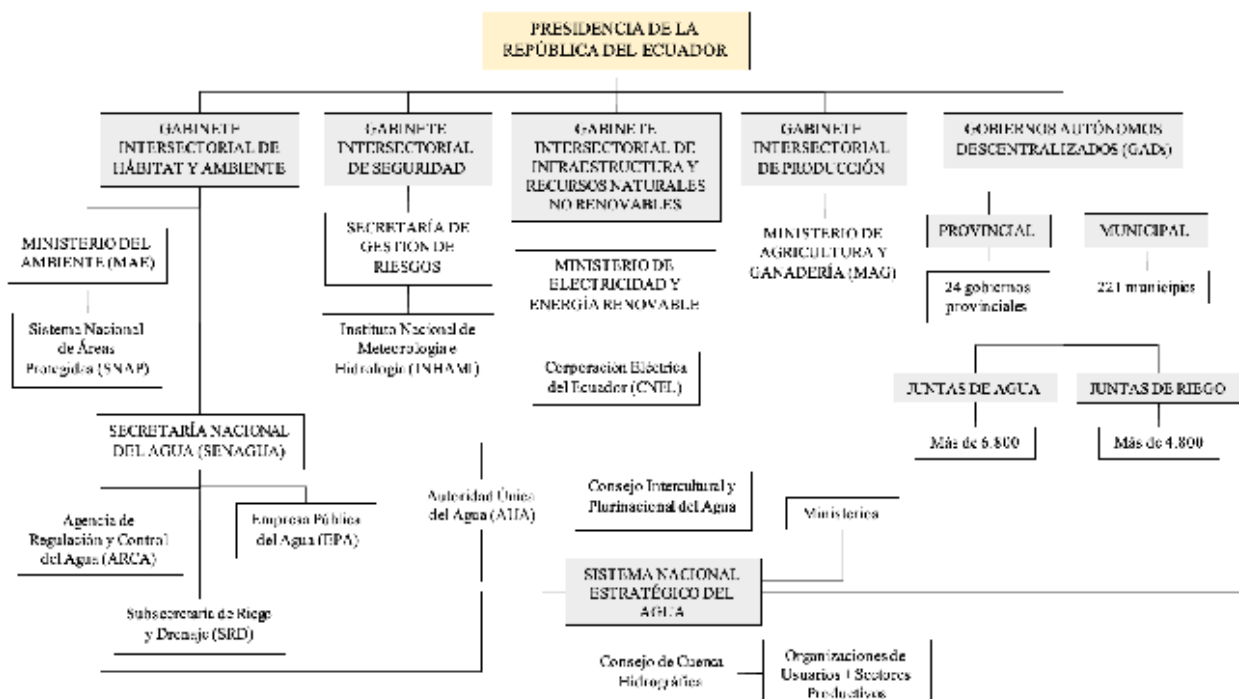


Figura 3. Mapa de actores políticos actuales en la administración de las cuencas hidrográficas en Ecuador.

el desarrollo de la provincia, a través de la formulación de políticas públicas, la gestión del territorio, la construcción de gobernabilidad entre actores y niveles de gobierno; en la práctica no cumplió. Por ello, una posible solución, sería impulsar ciertos procesos estratégicos que apoyen la aprobación de una nueva Ley de Régimen Provincial; asumir, progresivamente, nuevos roles y competencias a través del proceso de descentralización. Además, el fortalecimiento institucional, y avanzar en el desafío de una nueva estructura del Estado, sobre la base de un modelo de gestión público descentralizado.

El GPDLR en su calidad de gobierno intermedio debe cumplir con cuatro ejes de acción: El primero, incluyó el manejo de cuencas y microcuencas hidrográficas, donde su función fue la de ordenar y articular un adecuado uso y preservación del recurso agua; adicionalmente, el manejo de recursos naturales y de sistemas de información provincial. El segundo eje fue el de administrar los recursos públicos y prestar servicios de calidad, para lo cual deberá manejar las rentas con transparencia y brindar soluciones rápidas y oportunas a los reclamos sobre administración y funcionamiento de los concejos cantonales. El tercer eje fue la articulación de poder, uno de los más relevantes; para ello se deberá de manera paulatina realizar la transferencia de la provisión de servicios para el nivel más cercano de gestión, y que los gobiernos provinciales se centren en la articulación horizontal y vertical de actores, entre diferentes niveles de gobierno y entre actores en el territorio. El cuarto eje guardó relación con el direccionamiento del desarrollo y la construcción de gobernabilidad desde los territorios, a través de políticas de generación de empleo y de redistribución; la implementación de sistemas provinciales de planificación participativa y la construcción consensuada de agendas provinciales.

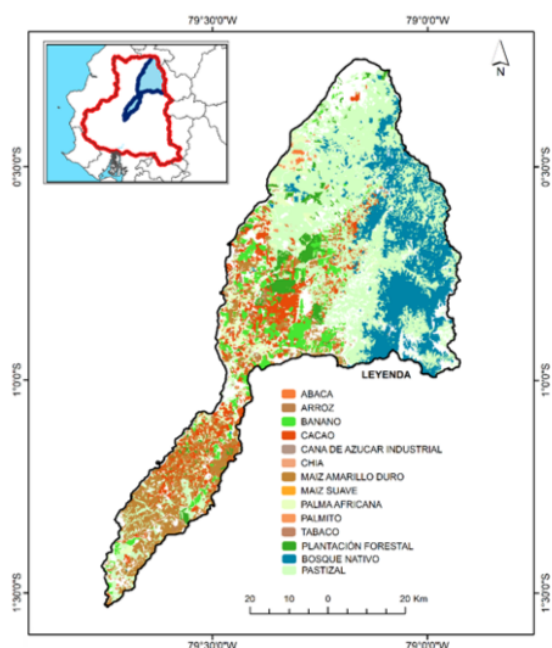


Figura 4. Uso agrícola de la cuenca del río Vices (MAGAP, 2014).

Tabla 1. Superficie por cultivos agrícolas de la cuenca del río Vices.

Cultivo	Superficie (ha)	%
Maíz suave	0,180	0,0001
Palmito	22,020	0,0173
Cana de azúcar industrial	27,820	0,0218
Chia	58,130	0,0456
Abaca	87,860	0,0690
Maíz amarillo duro	159,580	0,1253
Cacao	242,400	0,1903
Abaca	507,810	0,3988
Banano	681,980	0,5355
Palmito	740,590	0,5816
Cacao	753,800	0,5919
Palma africana	1.034,500	0,8124
Tabaco	1.368,510	1,0746
Banano	2.280,880	1,7911
Maíz amarillo duro	2.366,380	1,8582
Arroz	3.444,170	2,7046
Palma africana	4.537,450	3,5631
Palma africana	14.971,510	11,7566
Banano	20.969,230	16,4664
Cacao	35.132,820	27,5885
Maíz amarillo duro	37.958,080	29,8071
Total	127.345,700	100,0000

Demanda de agua para riego

El volumen de agua para riego de cultivos agrícolas, para la cuenca del río Vices corresponde a 573,06 hm³ según CISPDR (2016) (figura 5). Este volumen fue distribuido de acuerdo a los cultivos agrícolas existentes en la cuenca del río Vices (figura 6).

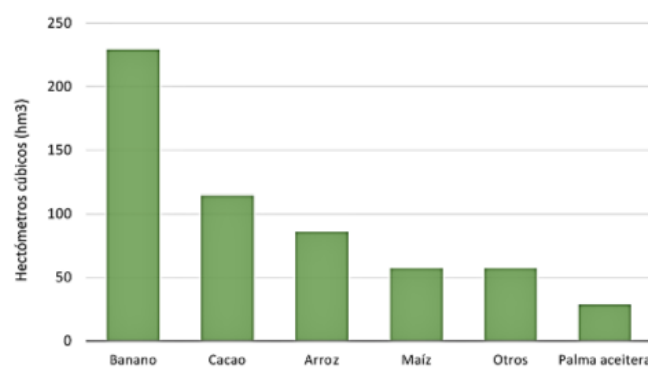


Figura 5. Distribución de 573,06 hm³ agua para riego de cultivos agrícolas en cuenca del río Vices.

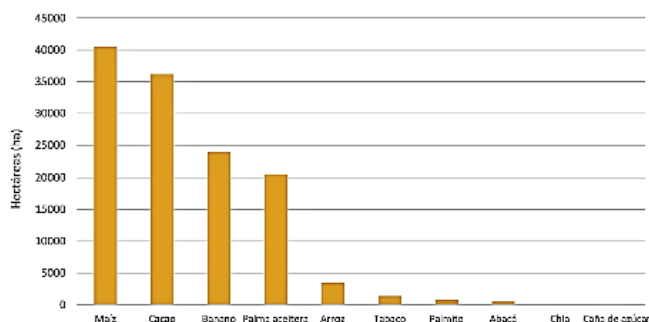


Figura 6. Distribución de cultivos agrícolas en 127.345,70 ha en cuenca del río Vices (MAGAP, 2014).

La Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) ha otorgado concesiones de agua para riego en el período comprendido entre los años 1980-2018 para la cuenca del río Vices de acuerdo a lo indicado en la figura 7, la cual sustituyó a la antigua y ya desaparecido Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

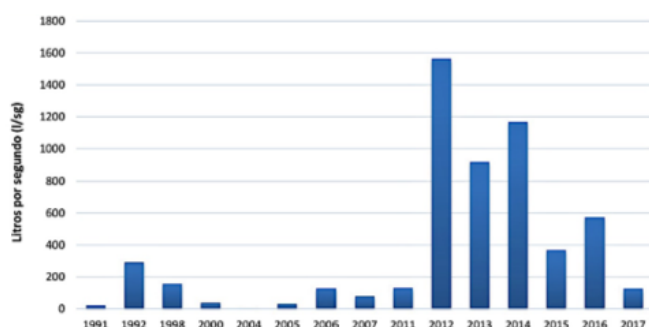


Figura 7. Concesiones de agua ($L \cdot s^{-1}$) para riego de cultivos agrícolas en cuenca del río Vices, período 1980-2018.

En la figura 7, se observó una importante variación interanual de las concesiones de agua por parte de la Secretaría Nacional del Agua, debido a que en el período comprendido entre los años 1991 y 2011, no hubo mayor control para los usuarios agrícolas por la dificultad que le significaba esta labor a los órganos de control de carácter centralizado, propiciándose que de manera clandestina se abusó del recurso hídrico para el riego agrícola. A partir del 2008, luego que por decreto ejecutivo 1088 se creó la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), esta situación cambió gracias a la puesta en funcionamiento de las oficinas descentralizadas de atención a la ciudadanía, como fue el caso de la oficina de atención al cliente de Quevedo, la misma que inició con un proceso de emisión y control de concesiones de agua para riego de manera equitativa en la cuenca del río Vices de acuerdo a la extensión de superficie de terrenos de los productores agrícolas (SENAGUA, 2011).

Discusión

La gobernanza del territorio demanda la creación de un sistema de planificación descentralizado, donde las funciones de planificación nacional recaigan en el gobierno central, las de planificación provincial en el nivel intermedio y la planificación cantonal en los municipios; estableciéndose mecanismos de retroalimentación y articulación entre los diferentes niveles. Los gobiernos intermedios o provinciales deben asumir la administración y gestión territorial de su reducto aplicando iniciativas exitosas territoriales y liderando procesos de planificación participativa. En este contexto, INCLAM (2012) señaló que en la cuenca de Chira-Piura de acuerdo a lo previsto en la Ley Orgánica de Municipalidades (LOM, Ley N° 27972), los gobiernos locales cumplieron roles muy importantes en la gestión de los recursos hídricos, como consecuencia de sus competencias en materia de organización del espacio físico y uso del suelo (artículo 70 de la LOM) y en materia de saneamiento, salubridad y salud (artículo 80 de la LOM).

Ingo (2008) mencionó que los sistemas de gestión de agua surgieron a partir de una necesidad básica de distribución y conservación del recurso hídrico entre los diferentes actores; por lo tanto, la gestión integrada del agua requirió de un sistema político-institucional estable que articule los diferentes niveles jerárquicos de administración, en esta parte el nivel local fue fundamental para el proceso de control y monitoreo ya que hubo sistemas de comunicación y control social a nivel local, decisivos para una gestión integrada de los recursos hídricos pese a que la información técnica e hidrológica provenga principalmente de instancias nacionales (sobre uso de la tierra y distribución efectiva de derechos de uso entre los actores, entre otros).

El centro de atención al cliente de la Secretaría del Agua, SENAGUA para la cuenca del río Vices de acuerdo a sus estadísticas manifestó que en la actualidad se otorgaron concesiones de agua de acuerdo a la extensión de los cultivos, siendo $1,2 L \cdot s^{-1}$ para el cultivo de banano; $0,8 L \cdot s^{-1}$ para palma aceitera y $0,6 L \cdot s^{-1}$ para cacao, lamentablemente no todos los productores bananeros cuentan con los medidores de agua así como también se debe acotar que la tasa de riego en los predios productores de banano fueron bastante bajos, llegando a los USD 250 por 100 ha de cultivo, lo cual impidió generar recursos para mejorar los controles en la actividad de riego agrícola, a esto Gaybor (2008) indicó que por ejemplo, el ingenio San Carlos dedicado a la producción de caña de azúcar por los 8.250 $L \cdot s^{-1}$ que tuvo en concesiones en el 2007 canceló la irrisoria suma de aproximadamente USD 15.000 anuales, REYBANPAC productora de banano por 4.740 $L \cdot s^{-1}$ pagó aproximadamente USD 8.700 mientras que los campesinos del sistema Daule-Peripa

que cultivan arroz para el consumo nacional en varios cantones de la provincia del Guayas pagan USD 120·ha⁻¹ anualmente, o sea un monto 65 veces superior a la que paga, o debe pagar San Carlos y REYBANPAC, por cada hectárea.

Los productores bananeros de Ecuador desconocen los volúmenes de agua que utilizaron mediante el riego por aspersión ya que siempre se irriga hasta que el suelo se encuentra saturado (Zarate y Kuiper, 2013) pese a que lo ideal sería 27.500 m³ de agua para riego por ha·año⁻¹. Los productores ecuatorianos señalaron que en las cuencas donde se produce banano la disminución en la disponibilidad de agua en época seca fue evidente provocando cambios en la hidrología de los ríos, por factores como la deforestación y uso del suelo inapropiado. Zarate y Kuiper (2013) manifestaron que la situación en Perú no fue distinta ya que una ha anual de banano en producción requirió 28.500 m³ de agua para riego y ante las precipitaciones mínimas existe un escenario de aumento en el estrés hídrico para los años venideros ya que en la actualidad no se respetan los caudales mínimos ambientales.

Conclusiones

En la actualidad los marcos legales vigentes en Ecuador ratifican a la Secretaría Nacional del Agua como la autoridad única de los Recursos Hídricos del país, mientras que los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales (GADP) reciben el encargo social de las competencias en la planificación, construcción, operación, mantenimiento y rehabilitación de los sistemas de riego y drenaje a nivel provincial; sin tener ninguna competencia sobre el manejo del uso del suelo en las cuencas como es el caso de la cuenca del río Vinces. En los territorios de la cuenca del río Vinces los grandes monopolios agrícolas utilizan mucho más volumen de agua de la que se les concesiona, siendo limitados los controles realizados por la oficina técnica local de SENAGUA. Evidenciando esta realidad una necesidad del manejo y control del gobierno intermedio representado por el gobierno provincial de Los Ríos (GPDRLR). Las tasas de pago por concesiones de agua para riego por hectárea en la cuenca del río Vinces son muy bajas, limitando el desarrollo de proyectos que mejoren el desarrollo de la cuenca tanto en lo referente al manejo del uso del suelo agrícola como en lo concerniente a la actividad de riego agrícola.

Conflicto de interés

El autor declara no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

- Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro
Abdo, G. y Falconí, F. (2009). *Las prefecturas con nivel intermedio de gobierno: una estrategia de reforma del Estado ecuatoriano en marcha*. In: Gobernabilidad y Gobernanza: el aporte para los territorios y América latina. pp. 241-268.
- Castillo Carrión, L. L. (2022). *Análisis de las brechas de implementación del modelo normativo de gobernanza del agua en Ecuador*. Estudio de caso de la subcuenca del río Cutuchi. Quito: UCE.
- CISPDR. (2016). *Plan Nacional de Gestión Integrada e Integral de los Recursos Hídricos de las Cuencas y Microcuencas Hidrográficas de Ecuador*.
- Ecuador, A. C. D. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Tribunal Constitucional del Ecuador. Registro oficial Nro, 449, 79-93.
- Gaybor, A., Ramos, A., Tamayo, C., Isch, E. y Arroyo, A. (2008). *El despojo del agua y la necesidad de una transformación urgente*. Foro de los Recursos Hídricos, Quito, Ecuador.
- Gentes, I. (2008). *Gobernanza, gobernabilidad e institucionalidad para la gestión de cuencas: estado de arte*.
- Leca, J. (1996). *La "gouvernance" de la France sous la Cinquième République*. In: F. D'Arcy, L. Rouban. De la Cinquième République à l'Europe.
- Mazurek, H. (2009). *Gobernabilidad y gobernanza de los territorios en América Latina: Instituto francés de estudios andinos*.
- Ministry of Agriculture, L., Aquaculture and Fisheries MAGAP. (2014). *Land Use and Land Cover Map*. Years 2014-2015.
- Montoya-Domínguez, E. y Rojas-Robles, R. (2016). Elementos sobre la gobernanza y la gobernanza ambiental. *Gestión y Ambiente*, 19(2), 302-317. doi:10.15446/ga.v19n2.58768
- Plan de Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca Chira-Piura. (2012). *Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos de la cuenca Chira-Piura*.
- Rangel, C. (2021). La gobernanza pública como objeto de estudio de los estudios organizacionales. *Prospectivas UTC Revista de Ciencias Administrativas y Económicas*, 4(1), 87-101.
- Reyes Macías, J. R. (2013). *Diseño conceptual de un sistema experto informático, como herramienta de apoyo en el proceso de elaboración de nuevas leyes, procedimientos, normas y reglamentos en el Ecuador*. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.
- Ríos, G. A. D. d. l. p. d. L. (2016). *Plan provincial de riego y drenaje de Los Ríos (PPRD)*.
- SENAGUA, S. d. A. (2009). *Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos de la Secretaría Nacional del Agua. Acuerdo Ministerial 2009-48*. <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/ACUERDO-2009-48-ESTATUTO.pdf>
- SENAGUA, S. d. A. (2011). *Management report 2008-2010. A different management of water resources*.
- Sierra, L. P., Farreras, J. M., Quintero, Y. R. y López, J. G. V. (2021). Gobernanza y sostenibilidad: dos conceptos para el impulso de la gestión pública eficiente. *Revista de Estudios Políticos y Estratégicos*, 9(1), 76-107.
- Zarate, E. y Kuiper, D. (2013). Evaluación de huella hídrica del banano para pequeños productores en Perú y Ecuador [Water Footprint Assessment of Bananas Produced y Small Banana Producers in Peru and Ecuador].

Contribución del autor

Autor	Contribución
José Luis Muñoz Marcillo	Diseño de la investigación, revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación, redacción y edición del manuscrito.



Contenido de metales pesados (Cu, Pb, Ni, Cd) en abonos orgánicos y las materias primas para su elaboración

Heavy metal content (Cu, Pb, Ni, Cd) in organic fertilizers and raw materials for their production

Autores

✉ ¹Juan Pablo Dueñas-Rivadeneira

✉ ²Fran Guillermo Intriago Flor

¹Universidad Técnica de Manabí. Manabí, Ecuador.

²Departamento de Procesos Agroindustriales. Universidad Técnica de Manabí. Manabí, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Dueñas-Rivadeneira, J. P. e Intriago Flor, F. G. (2022). Contenido de metales pesados (Cu, Pb, Ni, Cd) en abonos orgánicos y las materias primas para su elaboración. *La Técnica*, 12(1), 62-67. DOI: https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i27.3674

Recibido: Octubre 15, 2021

Aceptado: Diciembre 16, 2021

Publicado: Enero 05, 2022

Resumen

La utilización de abonos orgánicos tales como compost y humus obtenidos a partir de materias primas de residuos orgánicos, es una alternativa que cada día es más utilizada en diversos cultivos, ante lo cual es necesario realizar una evaluación del contenido de metales pesados, ya que estos pueden acumularse tanto en el suelo como en los sustratos y logran alterar el equilibrio biológico afectando a la salud del ser humano, siendo una problemática que compromete la seguridad alimentaria y la salud pública. El objetivo fue determinar el contenido de metales pesados de cobre (Cu), plomo (Pb), níquel (Ni) y cadmio (Cd) presentes en las materias primas (pasto de corte, gallinaza, cáscara de maní y estiércol vacuno) en la producción de abonos orgánicos (compost y humus) utilizadas en la asociación de productores de cacao Fortaleza del Valle. Las muestras fueron recolectadas, secadas y tamizadas, luego en el laboratorio se realizó una digestión con ácido nítrico (HNO_3) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2) utilizando el método 3050B de USDPA. La cuantificación de los metales pesados se realizó por espectrometría ICP ICAP 7200 bajo la Norma EPA 6010C. Los resultados obtenidos fueron validados estadísticamente y demostraron que el contenido de Cu, Pb, Ni, Cd en cada una de las materias primas y abonos orgánicos estaban dentro de los límites permisibles de acuerdo con lo que se establece en el Manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola emitido por AGROCALIDAD en el 2020.

Palabras clave: metaloides; bioacumulación; humus; compost; ICP.

Abstract

The use of organic fertilizers such as compost and humus obtained from raw materials of organic waste, is an alternative that is increasingly used in various crops, before which it is necessary to carry out an evaluation of the content of heavy metals, these they can accumulate in the soil as well as in substrates and can alter the biological balance affecting human health, being a problem that compromises food safety and public health. The objective was to determine the content of heavy metals copper (Cu), lead (Pb), nickel (Ni) and cadmium (Cd) present in raw materials (cut grass, chicken manure, peanut shells and cattle manure) in production of organic fertilizers (compost and humus) used in the association of cocoa producers Fortaleza del Valle. The samples were collected, dried and sieved, then in the laboratory they were digested with nitric acid (HNO_3) and hydrogen peroxide (H_2O_2) using method 3050B of USDPA. The heavy metals quantification was performed by ICP ICAP 7200 spectrometry under the EPA 6010C Standard. The results obtained were statistically validated and showed that the content of Cu, Pb, Ni, Cd in each of the raw materials and organic fertilizers were within the permissible limits according to what is established in the Technical Manual for registration and control of fertilizers, soil amendments and related products for agricultural use issued by AGROCALIDAD in 2020.

Keywords: metalloids; bioaccumulation; humus; compost; ICP.

Introducción

Con el paso de los años la agricultura se ha intensificado debido a la superpoblación y el alto nivel de consumo de alimentos, ante lo cual se ha elevado el uso de fertilizantes y aditivos químicos en el suelo en las últimas décadas; generando repercusiones negativas para el ambiente, como la erosión, baja fertilidad, contaminación de suelos y menor calidad en los alimentos (Castiblanco y Fuentes, 2017).

Actualmente se buscan diferentes opciones para disminuir la utilización de fertilizantes químicos, por lo que el empleo de abonos orgánicos resulta una alternativa eficaz (Castillo et al., 2017). El estiércol de diferentes orígenes, la cachaza (residuo de la industria azucarera), el humus de lombriz, la gallinaza, el guano de murciélago, los residuos de cosecha, los lodos residuales y biosólidos y los compost de diversos materiales, como los de residuales sólidos urbanos (RSU), son materiales comúnmente utilizados para elevar la fertilidad de los suelos y mejorar los rendimientos agrícolas (Rodríguez et al., 2012).

Para poder utilizar residuos agrícolas como mejoradores de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, se requiere una evaluación sistemática del contenido de metales pesados ya que pueden acumularse en los suelos y los sustratos, provocando alteración en el equilibrio biológico de los mismos y afectar el rendimiento de los cultivos y la salud humana (Ken et al., 2010).

Los metales pesados por lo general se encuentran como componentes naturales de la corteza terrestre en forma de minerales, sales u otros compuestos, no pueden ser degradados y destruidos fácilmente de forma natural y biológica ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos (Mancilla et al., 2017). Los metales pesados a diferencia de los contaminantes orgánicos, son persistentes en la naturaleza; por lo tanto, tienden a acumularse en distintos nichos de los ecosistemas (Madera-Parra et al., 2014), afectando negativamente el crecimiento, la fotosíntesis, la biomasa y la productividad de varios cultivos y restringe la captación y translocación de elementos esenciales y nutrientes a la planta (Awan et al., 2020). La contaminación por metales pesados proviene de actividades agrícolas, mineras, generación de energía y desechos domésticos (Castillo et al., 2017).

El cobre, plomo, níquel y cadmio, son elementos que se encuentran en concentraciones bajas en el ambiente, su aumento en los ecosistemas se debe a los procesos antropogénicos, volviendo el ambiente tóxico para los seres vivos siendo un factor de riesgo para la salud humana, causando daños irreversibles (Khan et al., 2021).

El cadmio es uno de los metales traza del suelo más solubles y peligrosos, debido a su alta movilidad y que en pequeñas concentraciones tiene efectos nocivos en las plantas (Chávez et

al., 2015). Es soluble en estados oxidados y bajo condiciones de reducción precipita como sulfuro de cadmio, la disponibilidad y movilidad del cadmio en el suelo dependen del pH, humedad, materia orgánica, tipo y cantidad de arcilla (Ramakritinan et al., 2012). Puede ser absorbido por las plantas como Cd^{2+} y se encuentra en mayor cantidad en aquellas hortalizas como lechuga, espinacas y apio, que finalmente son consumidas por el hombre. Estudios en Brasil han demostrado que en plantas de frejol el cadmio se acumula en las raíces, afectando a los rizobios que participan en el proceso de fijación simbiótica de nitrógeno (Yadav, 2010). El cadmio que ingresa por vía respiratoria o por vía oral, se transporta a la sangre y se concentra en el hígado y el riñón y tiene la capacidad de acumularse en estos órganos vitales lo que produce daños irreversibles aún para concentraciones reducidas (Galán et al., 2019).

El cobre es uno de los metales traza más abundantes, es un micronutriente de gran importancia en la producción agrícola y se produce como Cu^+ y como Cu^{2+} , niveles potencialmente tóxicos de cobre en suelos están generalmente asociados con enmiendas de lodos de depuradora y con fungicidas cúpricos como las sales de cobre (Londoño et al., 2016). La toxicidad con cobre es rara en la población a nivel mundial, algunos síntomas de toxicidad aguda por cobre, pueden ser: dolor abdominal, calambres estomacales, daño hepático severo y fallo renal (Victorava y Feoktistova, 2018). La exposición aguda por ingestión del sulfato de cobre puede producir necrosis hepática y muerte (Ramakritinan et al., 2012).

El Ni es fitotóxico cuando está presente en altas concentraciones, se absorbe como catión Ni^{2+} y es transportado rápidamente a los sitios metabólicamente activos, ocasionando múltiples efectos tóxicos en el crecimiento. Naturalmente, los suelos derivados de rocas serpentinas son ricos en Ni, pero debido a diversas actividades industriales y antropogénicas, tales como la minería, la refinación de minerales de níquel, la quema de combustibles fósiles y petróleo residual, y al uso de lodos de depuradora, otras zonas también se han vuelto susceptibles a la contaminación por Ni (Hasinur et al., 2005). El níquel provoca en la salud reacciones de hipersensibilidad que se manifiestan como dermatitis y asma, así como puede ser cancerígeno para los seres humanos (Galán et al. 2019).

La contaminación de suelos por la introducción del Pb se debe principalmente a eventos relacionados a los procesos industriales como derrames, transporte, pérdidas de mermas y generación de residuos sólidos (Prasetia et al., 2017). Los efectos nocivos en la salud por la toxicidad del plomo son efectos del sistema nervioso y el desarrollo cognitivo, los riñones, reduce la producción de hemoglobina, provoca anemia y afecta el sistema reproductivo (Carvalho, 2014).

La falta de conocimiento sobre el contenido de metales pesados en las materias primas de uso en la elaboración de abonos orgánicos es de preocupación en los productores sobre todo en el sector cacaotero orgánico de la provincia de Manabí, debido a que actualmente los países desarrollados son cada vez más exigentes con sus legislaciones, es así que a partir del año 2012, la autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), emitió una alerta en donde se recomienda que las almendras de cacao debía contener un máximo de 0,3 ppm de cadmio, 30 ppm de cobre y 2 ppm de plomo (CODEX, 2014), la enmienda al reglamento Europeo No. 1881/2006, establece los niveles máximos de Cd para chocolate y productos derivados del cacao en rangos entre 0,10 a 0,80 mg·kg⁻¹ (Rivera, 2013). El objetivo fue determinar el contenido de metales pesados (Cu, Pb, Ni, Cd) presentes en las materias primas (pasto de corte, gallinaza, cáscara de maní y estiércol vacuno) en la producción de abonos orgánicos (compost y humus) utilizadas en la asociación de productores de cacao Fortaleza del Valle, ubicada en el cantón Bolívar, provincia de Manabí.

Metodología

Obtención de las muestras

Se realizó la toma muestras de cuatro materias primas (pasto de corte, gallinaza, cáscara de maní y estiércol de vacuno) y dos tipos de abono orgánico (compost y humus), tanto las materias primas como los abonos orgánicos se recolectaron del área de producción de fertilizantes y bodegas de almacenamiento de la asociación de productores de cacao Fortaleza del Valle ubicada en el cantón Bolívar de la provincia de Manabí, coordenadas geográficas 0°50'24" S y 80°10'22" O.

De cada materia prima se tomaron 16 submuestras por el método del cuarteo y se obtuvo una biomasa compuesta de 1 kg de cada una, para el muestreo de los abonos se recolectó en un balde plástico una cantidad compuesta al azar de 1 kg de cada uno según la metodología de Agrocalidad (2015), todas las muestras se empacaron en fundas ziploc con su respectiva rotulación.

Metodología utilizada en la extracción y determinación de metales pesados

Las muestras se llevaron a un horno de secado a una temperatura de 60 °C por 72 horas, posteriormente fueron trasladadas al laboratorio de Investigación de la Universidad Técnica de Manabí, a cada una de las materias primas y los abonos orgánicos, se les realizó una reducción de tamaño (molienda) y tamizaje de las mismas, luego se pesaron entre 0,3 y 0,5 g de cada una en tubos de Veseles, a cada tubo se le adicionó 3 mL de ácido nítrico (HNO₃) y 2 mL de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) utilizando el método 3050B USDPA, posteriormente se efectuó una digestión por microondas, seguidamente las muestras se diluyeron con 6,5 mL de agua desionizada, para luego ser centrifugadas a 5000 rpm por 10 min a 25 °C, el filtrado se realizó en filtros de nylon de diámetro de 0,45 µm. La cuantificación de los metales pesados se realizó por espectrometría ICP ICAP 7200 bajo la Norma EPA 6010C.

Análisis estadístico

Todas las muestras de materias primas y abonos orgánicos se analizaron por triplicado y los resultados se procesaron usando el programa estadístico IBM Statistical Package for the Social Sciences (versión 13 for Windows, IBM Corp., Armonk, NY, USA) para comparar valores medios. Se determinó la desviación estándar, el coeficiente de variación, así como los intervalos de confianza. Se utilizó una probabilidad del 95%, para caracterizar los contenidos de metales pesados en las materias primas y abonos orgánicos.

Resultados

En las tablas 1, 2, 3, y 4 se observan las concentraciones medias obtenidas de metales pesados (Cu, Pb, Ni, Cd) en las materias primas y los abonos orgánicos, así como la desviación estándar, el coeficiente de variación, los intervalos de confianza, con una probabilidad del 95%. Se destaca una precisión en los valores obtenidos en la lectura de las réplicas del contenido de metales pesados en las diferentes materias primas y abonos orgánicos, lo cual se vió reflejado por el grado de concordancia de los datos, expresado en términos de desviación estándar y coeficiente de variación los mismos que se encontraron dentro de los parámetros <1 de acuerdo a lo que establece el coeficiente de variación de Pearson, con los valores obtenidos en el estudio lo cual evidencia confiabilidad y veracidad en los resultados

Tabla 1. Concentraciones de cobre (Cu) en las materias primas y abonos orgánicos.

Materias primas y abonos orgánicos	Cobre (ppm)	Σ	C.V.	Intervalo de confianza
Gallinaza	0,4582	0,0223	0,0488	±0,0253
Pasto de Corte	0,4949	0,0036	0,0072	±0,0041
Estiércol vacuno	0,5256	0,0190	0,0362	±0,0215
Cascarilla de maní	0,3152	0,0181	0,0575	±0,0205
Compost	0,4557	0,0225	0,0494	±0,0255
Humus	0,4949	0,0216	0,0437	±0,0245

Abreviaturas: C.V.= coeficiente de variación, Σ= sumatoria.

Tabla 2. Concentraciones de plomo (Pb) en las materias primas y abonos orgánicos.

Materias primas y abonos orgánicos	Plomo (ppm)	Σ	C.V.	Intervalo de confianza
Gallinaza	0,2386	0,0117	0,0491	±0,0133
Pasto de Corte	0,1664	0,0083	0,0497	±0,0094
Estiércol vacuno	0,2667	0,0107	0,0403	±0,0121
Cascarilla de maní	0,3873	0,0120	0,0310	±0,0136
Compost	0,2555	0,0059	0,0232	±0,0067
Humus	0,2875	0,0143	0,0497	±0,0162

Abreviaturas: C.V.= coeficiente de variación, Σ= sumatoria.

Tabla 3. Concentraciones de níquel (Ni) en las materias primas y abonos orgánicos.

Materias primas y abonos orgánicos	Níquel (ppm)	Σ	C.V.	Intervalo de confianza
Gallinaza	1,4691	0,0653	0,0444	$\pm 0,0738$
Pasto de Corte	2,7141	0,0944	0,0348	$\pm 0,1069$
Estiércol vacuno	3,5757	0,0607	0,0170	$\pm 0,0687$
Cascarilla de maní	2,7756	0,1103	0,0397	$\pm 0,1248$
Compost	8,1100	0,2352	0,0290	$\pm 0,2661$
Humus	0,3466	0,0096	0,0278	$\pm 0,0109$

Abreviaturas: C.V.= coeficiente de variación, Σ = sumatoria.

Tabla 4. Concentraciones de cadmio (Cd), en las materias primas y abonos orgánicos.

Materias primas y abonos orgánicos	Cadmio (ppm)	Σ	C.V.	Intervalo de confianza
Gallinaza	0,3436	0,0122	0,0354	$\pm 0,0138$
Pasto de Corte	0,1848	0,0085	0,0459	$\pm 0,0096$
Estiércol vacuno	0,3335	0,0154	0,0460	$\pm 0,0174$
Cascarilla de maní	0,3876	0,0066	0,0170	$\pm 0,0075$
Compost	1,0216	0,0101	0,0099	$\pm 0,0115$
Humus	0,3349	0,0042	0,0125	$\pm 0,0047$

Abreviaturas: C.V.= coeficiente de variación, Σ = sumatoria.

Discusión

Los abonos tipo compost y humus son insumos de importancia económica en la producción orgánica; sin embargo, la presencia de metales pesados por debajo de los niveles permisibles en el tiempo podría acumularse en el suelo y ser absorbidos por los cultivos provocando riesgos en los consumidores. Las materias primas utilizadas en la elaboración de abono tipo orgánico deben tener una constante evaluación de metales pesados y así no provocar toxicidad en la cadena trófica.

Cadmio

Los valores obtenidos para el contenido de cadmio en las diferentes materias primas y abonos orgánicos se encontraron dentro de los límites permisibles, de acuerdo a lo que se establece en el manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola emitido por AGROCALIDAD en el 2020 (1,5 ppm); en la Norma Global EPA (3,00 ppm) y en el reglamento UE 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo del 5 de junio de 2019 (1,5 ppm). En un estudio realizado por Apaza-Condori et al. (2015)

se determinó que el contenido de cadmio en compost de residuos de coca osciló entre 1,17 y 1,25 ppm, en otro estudio realizado en compostaje por Contreras et al. (2020) se encontraron valores de cadmio de 1,46 ppm, ambos resultados son superiores a los que se han reportado en el presente estudio y Basantes (2018) reportó en gallinaza valores de 0,13 ppm y en estiércol vacuno de 0,06 ppm. Se podría atribuir que un nivel superior de cadmio en el compost a diferencia de las materias primas puede deberse a su materia orgánica, debido a la formación de compuestos minerales insolubles, como los carbonatos, óxidos, entre otros. La presencia de cadmio, aunque sea en bajas concentraciones puede ser causada por las actividades antropogénicas, pero podría ir en ascenso convirtiéndose en una problemática de bioacumulación en la cadena trófica hasta llegar al ser humano (Apaza-Condori et al., 2015).

Plomo

El resultado de las concentraciones de plomo en las diferentes materias primas se encontraron dentro de los límites permisibles de acuerdo a lo que se establece en el Manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola emitido por AGROCALIDAD, en el 2020, donde el límite máximo fue de 120 ppm, igualmente de acuerdo a la Norma Global EPA que fue de 150 ppm y del reglamento UE 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo del 5 de junio de 2019 que estableció un máximo permisible de 120 ppm. En un estudio realizado por Carrero (2016) se encontraron niveles de plomo en diversas materias primas y compost que oscilaron desde 3,96 ppm hasta 12,18 ppm valores superiores a los determinados en el presente trabajo, de igual manera Rodríguez et al. (2012) encontró niveles superiores a los permisibles en abonos orgánicos. Pérez et al. (2010) en compost obtuvo valores de plomo de 0,27 ppm valores inferiores a los máximos permitidos. Basantes (2018) en gallinaza reportó valores de plomo de 1,24 ppm, un valor superior a los que se encontraron en el presente estudio, pero aun así se encontró dentro de los valores permisibles. Aun cuando este metal pesado se encontró en concentraciones bajas la acumulación del mismo inhibió o activó algunos procesos enzimáticos que afectaron la productividad dando como resultado una posible vía de entrada del plomo en la cadena alimenticia (Coyago y Bonilla, 2016).

Níquel

El contenido de níquel que se registró en cada una de las muestras se encontró dentro de los límites permisibles de acuerdo al Manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola emitido por AGROCALIDAD en el 2020 (50 ppm); a la Norma Global EPA que fue de 60 ppm, del reglamento UE 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo del 5 de junio de 2019 que estableció un máximo de 50 ppm, todas las muestras

presentaron valores entre 0,3466 ppm en el humus y 8,11 ppm en el compost. Estos valores fueron relativamente bajos a los valores encontrados por Apaza-Condori et al. (2015) donde el contenido de níquel en compost de residuos de coca que osciló en 12 ppm y en el estudio realizado por Contreras et al. (2020) se encontraron valores para compost de 14,5 ppm. Entre tanto, en una investigación realizada por Pérez et al. (2010) en compost se obtuvieron valores de níquel de 6,60 ppm que estuvieron dentro de los rangos permitidos. La presencia de níquel en las materias primas y abonos orgánicos puede ser debido a que estos metales pesados suelen estar presente en la red cristalina de minerales primarios y secundarios tales como carbonatos, sulfatos y óxidos (Kennou, et al., 2015).

Cobre

Los valores de cobre que se obtuvieron en este estudio estuvieron dentro de los parámetros establecidos por el reglamento UE 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo del 5 de junio de 2019 que estableció un máximo permisible de 300 ppm. En estudios realizados por Apaza-Condori et al. (2015) en compost de residuos de coca se determinaron valores de cobre de 30,33 ppm superiores a los encontrados en este estudio, de igual manera en un estudio realizado por Basantes (2018) se encontraron valores de cobre en gallinaza de 38,53 ppm y en estiércol vacuno de 23,70 ppm, ambos valores fueron superiores a los que se encontraron en estas materias primas en la presente investigación. Ansorena et al. (2014) detectó algunos casos de niveles elevados de Cu en compost, que pueden ser explicados por causas naturales o por la aplicación de productos que contienen dichos metales que van provocando que este metal pesado se acumule.

Los metales pesados (Cu, Pb, Ni, Cd) pueden ser potencialmente peligrosos; sin embargo, en las muestras analizadas de materias primas y abonos orgánicos no estuvieron presentes en concentraciones que pudiesen limitar su uso en ninguna de las fracciones evaluadas, lo que es beneficioso para que puedan ser aplicados al suelo sin que esto causen efectos indeseables.

Conclusiones

Se puede concluir que tanto las materias primas y los abonos de interés, en la actualidad cumplen con los criterios mínimos establecidos de metales pesados para Cu, Pb, Ni, Cd, según las diferentes normativas vigentes por lo que no constituyen riesgo de contaminación para plantas y animales.

Es recomendable realizar estudios posteriores más profundos ya que aun cuando los resultados mostraron niveles dentro de los límites permisibles de metales pesados, es importante determinar cómo están unidos los metales a las especies químicas (materia orgánica y sulfuros) para conocer su biodisponibilidad.

Conflicto de intereses

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

Referencias bibliográficas

Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD). (2015). Laboratorio de suelos,

foliares y aguas: Instructivo para toma de muestras de foliares. Quito, Ecuador. 9 p.

Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD). (2020). *Manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola*. Quito, Ecuador.

Apaza-Condori, E., Mamani-Pati, F. y Sainz-Mendoza, H. (2015). Evaluación de metales pesados en el proceso de compostaje orgánico de residuos de hojas de coca. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 3(2), 95-102.

Ansorena, J., Batalla, E. y Merino, D. (2014). *Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos*. Escuela Agraria Fraisoro. 69 p.

Awan, S., Ilyas, N., Khan, I., Raza, M., Rehman, A., Rizwan, M., Rastogi, A., Tariq, R. y Brestic, M. (2020). *Bacillus siamensis* reduce la acumulación de cadmio y mejora el crecimiento y el sistema de defensa antioxidante en dos variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.). *Plants*, 9, 878.

Basantes, C. (2018). *Co-Compostaje de residuos vegetales provenientes de la finca agropecuaria la immaculada con estiércol de cuy, vaca y gallinaza*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

Carrero, L. J. (2016). *Implementación del método analítico para la determinación del contenido total de cromo (Cr), cadmio (Cd), plomo (Pb) y níquel (Ni) en muestras de compost de diferente procedencia*. Universidad Santo Tomás. Bucaramanga, Colombia.

Carvalho, S. (2011). *Productos químicos y género*. http://www.undp.org/content/dam/undp/library/EnvironmentandEnergy/chemicals_management/ChemicalGender_Spanish_WEB.pdf

Castiblanco, C. X. y Fuentes, O. (2017). *Implementación del método analítico para la determinación del contenido total de potasio (K), magnesio (Mg) y sodio (Na) en muestras de abono orgánico mediante espectrofotometría de absorción atómica según la norma técnica colombiana NTC 5167*. Universidad Santo Tomás. Bucaramanga, Colombia.

Castillo, M., Mendoza, J., Arriola, J., Pérez, G., Vega, M., Ortiz, M. y López, J. (2017). Crecimiento de biopelículas de *Pseudomonas* en presencia de metales pesados. *Rev. Latinoamericana el Ambiente y la Ciencia*, 8, 75-82.

Codex Alimentarius (CODEX). (2014). *Ante proyecto de niveles máximos para el cadmio en el chocolate y productos derivados de cacao*. FAO. Roma, Italia. 20 p.

Contreras, A., Monroy, J., Ramírez, L. y Cuellar, L. (2020). *Compostaje una alternativa sostenible para obtención de biosólidos*. Gestión de residuos y biomasa: avances en la economía circular. Universidad Santo Tomás. Bucaramanga, Colombia.

Coyago, E. y Bonilla, S. (2016). Absorción de plomo de suelos altamente contaminados en especies vegetativas usadas para consumo animal y humano. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 23(1), 35-46.

- Galán, E., Romero-Baen, A., Aparicio, P. y González, I. (2019). Un enfoque metodológico para la evaluación de la contaminación del suelo por oligoelementos potencialmente tóxicos. *Journal of Geochemical Exploration*, 203, 96-107.
- Hasinur, R., Shamima, S., Shah, A. and Shigenao, K. W. (2005). Effects of nickel on growth and composition of metal micronutrients in barley plants grown in nutrient solution. *J. Plant Nutr.*, 28, 393-404.
- Khan, I., Afzal-Awan, S., Muhammad, R., Shafaqat, A., Muhammad, H., Marian, B., Xinquan, Z. and Linkai, H. (2021). Effects of silicon on heavy metal uptake at the soil-plant interphase: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 222, 1-15.
- Ken, E. G., Ernst, W. and Steve, P. M. (2010). Heavy metals and soil microbes. *Soil Biol. Biochem.*, 5, 1-7.
- Kennou, B., El Meray, M., Romane, A. y Arjouni, Y. (2015). Assessment of heavy metal availability (Pb, Cu, Cr, Cd, Zn) and speciation in contaminated soils and sediment of discharge by sequential extraction. *Environmental Earth Sciences*, 74(7), 5849-5858.
- Parra, C., Peña-Salamanca, E. y Solarte-Soto, J. (2014). Efecto de la concentración de metales pesados en la respuesta fisiológica y capacidad de acumulación de metales de tres especies vegetales tropicales empleadas en la fitorremediación de lixiviados provenientes de rellenos sanitarios. *Ingeniería y Competitividad*, 16(2), 179-188.
- Londoño-Franco, L. F., Londoño-Muñoz, P. T. y Muñoz-García, F. G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153.
- Mancilla Villa, O. R., Fregoso Zamorano, B. E., Hueso Guerrero, E. J., Guevara Gutiérrez, R. D., Palomera García, C., Olguín López, J. L. y Flores Magdaleno, H. (2017). Concentración iónica y metales pesados en el agua de riego de la cuenca del río Ayuquila-Tuxcacuesco-Armería. *Idesia*, 35(3), 115-123.
- Prasertia, H., Sakakibara, M. and Takehara, A. (2017). Heavy metals accumulation by *Athyrium yokoscense* in a mine area, Southwestern Japan. In: Conf. Series: *Earth and Environmental Science*, 71, 012025.
- Pérez, R., Pérez, A. y Vertel, M. (2010). Caracterización nutricional, fisicoquímica y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agroecosistemas de pasturas en la subregión Sabanas del departamento de Sucre, Colombia. *Revista Tumbaga*, 5, 27-37.
- Ramakritinan, C., Chandurvelan, R. and Kumaraguru, A. (2012). Acute toxicity of metals: Cu, Pb, Cd, Hg and Zn on marine mollusks *Cerithedia cingulata* G., and *Modiolus philippinarum* H. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 2(1), 141-145.
- Reglamento UE 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de junio de 2019. (2019). *Diario oficial de la Unión Europea*.
- Reyes, Y. C., Vergara, I., Torres, O. E., Díaz-Lagos, M. y González, E. E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16(2), 66-77.
- Rivera, S. (2013). *Guía de métodos de detección y análisis de Cadmio en cacao (Theobroma cacao L.)*. DEVIDA. Lima, Perú. 47 p.
- Rodríguez Alfaro, M., Muñiz Ugarte, O., Calero Martín, B., Martínez Rodríguez, F., Montero Álvarez, A., Limeres Jiménez, T. y de Aguilar Accioly, A. M. (2012). Contenido de metales pesados en abonos orgánicos, sustratos y plantas cultivadas en organopónicos. *Cultivos Tropicales*, 33(2), 5-12.
- Victorava, F. y Feoktistova, Y. (2018). El metabolismo del cobre. Sus consecuencias para la salud humana. *Medisur*, 6(4), 579-587.
- Yadav, S. K. (2010). Heavy metals toxicity in plants: An overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants. *South African Journal of Botany*, 76(2), 167-179.

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Juan Pablo Dueñas-Rivadeneira	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Fran Guillermo Intriago Flor	Interpretación de los datos y revisión del contenido del manuscrito y corrección de estilo.